ISSN
En trámite



Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

MEMORIA

COMPILADORES: Ana María Anaya Escalera, Miguel Enrique Arechavaleta Velasco, Laura Yavarik Alvarado Avila, Héctor Daniel Inurreta Aguirre, Rosa Laura Rebolledo García, Rogelio Flores Velázquez, Elba Rojas Díaz, Hiram Castro Garibay, Raquel Galindo Sosa, Edith Rojas Anaya, Luis Reyes Muro.

60ª | Reunión científica
2025 • SAN LUIS POTOSÍ

.

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

Memoria

Compiladores

Ana María Anaya Escalera
Miguel Enrique Arechavaleta Velasco
Laura Yavarik Alvarado Avila
Héctor Daniel Inurreta Aguirre
Rosa Laura Rebolledo García
Rogelio Flores Velázquez
Elba Rojas Díaz
Hiram Castro Garibay
Raquel Galindo Sosa
Edith Rojas Anaya
Luis Reyes Muro

San Luis Potosí, 22 al 25 octubre de 2025

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera. Año 1. Núm. 1. Octubre de 2025. Es una publicación anual editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Progreso No. 5, Col. Barrio Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, CP. 04010, Tel. 55 3871 8700, http://reunionescientificas.inifap.gob.mx/. Editor Responsable: Luis Ortega Reyes. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2025-031114481300-102. ISSN: En Trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Luis Reyes Muro. Fecha de última actualización: 20 de noviembre de 2025.

Nota de los compiladores

El contenido de los resúmenes incluidos en esta memoria aparece tal y como fueron enviados por sus autores, salvo algunas correcciones de formato para hacerlos coincidir con las indicaciones de la convocatoria y las necesidades de impresión.

Presentación

La *Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera* es un encuentro anual de estos cuatro subsectores, donde investigadores, docentes, técnicos, productores, técnicos, estudiantes, organizaciones y empresas relacionadas con el campo, dan a conocer los adelantos de la ciencia y la tecnología para la producción de los alimentos, materias primas y estrategias para la conservación de los recursos naturales.

La *Reunión* brinda un espacio para presentar los resultados de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación de las cadenas agroalimentarias y recursos forestales.

Motivados por el lema *Ciencia para Vivir*, más de veinte instituciones decidieron organizar la 60ª *Reunión Científica 2025*, con sede en San Luis Potosí, SLP, en un marco espléndido de colaboración institucional.

El programa incluye conferencias magistrales ofrecidas por connotados investigadores, simposios temáticos, foros de trabajos científicos y diálogos de transferencia de tecnología. Como ha sucedido en reuniones anteriores, las instituciones convocantes otorgaron los *Reconocimientos al Mérito* a destacados investigadores y organizaciones, cuyo legado ha contribuido al acervo científico y tecnológico para el desarrollo rural. Además, estudiantes universitarios recibieron el *Reconocimiento al Talento Joven,* por su aporte a la ciencia.

Muchas gracias a las instituciones que hicieron posible la realización de esta *60ª Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera,* en beneficio de la sociedad mexicana.

La ciencia no se detiene, como se muestra en la vasta cantidad y calidad de resúmenes que integran esta memoria.

El Comité Organizador

Comité Directivo

PRESIDENCIA

Dr. Julio Berdegué Sacristán
Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

Lic. José Ricardo Gallardo Cardona
Gobernador Constitucional del Estado de San Luis Potosí

VICEPRESIDENCIA

Dr. Miguel J. García Winder
Director General del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Jorge Luis Díaz Salinas
Secretario de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos del Estado de San Luis Potosí

VOCALÍAS

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Mauricio Iván Andrade Luna
Director General Interino del Colegio de Postgraduados

Dr. Ángel Garduño García
Rector de la Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Alberto Flores Olivas
Rector de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Ing. Homero García de la Llata
Presidente de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas

Dr. Victor Manuel Vidal Martínez
Director General del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentables

Ing. Francisco Javier Calderón Elizalde
Director General del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

Dr. Sergio Hunberto Graf Montero
Director General de la Comisión Nacional Forestal

Dra. María Masri Daba
Presidente de la Academia Veterinaria Mexicana A.C.

M.C. Carlos Mallen Rivera
Presidente de la Academia Nacional de Ciencias Forestales A.C.

M.C. Ignacio Tovar Cortez
Presidente de la Asociación Mexicana de Profesionales Forestales A.C.

Dr. Carlos Guillermo Gutiérrez Aguilar
Director de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM

Jorge Esteve Recolons
Presidente del Consejo Nacional Agropecuario

Comité Organizador Nacional

PRESIDENCIA	**Dr. Julio Berdegué Sacristán** Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural	AGRICULTURA
VICEPRESIDENCIA	**Dr. Miguel J. García Winder** Director General del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	INIFAP
COORDINACIÓN GENERAL	**Dr. Luis Ortega Reyes**	INIFAP
COORDINACIÓN DE LA REUNIÓN CIENTÍFICA	**Dr. Francisco Suárez Güemes** **Dr. Luis Corona Gochi**	UNAM UNAM
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO PECUARIO	**Dr. Miguel Enrique Arechavaleta Velasco**	INIFAP
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO AGRÍCOLA	**Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre**	INIFAP
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO FORESTAL	**Dr. Rogelio Flores Velázquez**	INIFAP
COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO ACUÍCOLA-PESQUERO	**M.C. Hiram Castro Garibay** **M. en C. Ingrid Hernández Villarreal**	IMIPAS IMIPAS
COMPILACIÓN DE MEMORIA	**Dra. Ana María Anaya Escalera** **Dr. Miguel Arechavaleta Velasco** **M.C Laura Yavarik Alvarado Avila** **Dr. Héctor Daniel Inurreta Aguirre** **Dr. Rogelio Flores Velázquez** **Mtra. Elba Rojas Díaz** **M.C. Hiram Castro Garibay** **Ing. Raquel Galindo Sosa** **Dr. Luis Reyes Muro**	INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP IMIPAS INIFAP
COORDINACIÓN DE CONFERENCIAS MAGISTRALES Y SIMPOSIOS	**Dra. Edith Rojas Anaya** **Dra. Catarina Loredo Osti** **Dr. Pablo Delgado Sánchez**	INIFAP UASLP UASLP

COORDINACIÓN DE CURSO PRE-CONGRESO	**Dra. Edith Rojas Anaya**	INIFAP
	Dr. Ismael Fernando Chavez Díaz	INIFAP
	Dr. Sergio Iván Román Ponce	INIFAP
	Dra. Luisa Eugenia del Socorro Hernández Arteaga	UASLP
	Dr. Ramón Jarquín Gálvez	UASLP
	Dra. Liliana Miranda Aragón	UASLP
	Dra. Ruth Elena Soria Guerra	UASLP
	Dr. Carlos Arturo Aguirre Salado	UASLP
COORDINACIÓN DE RECONOCIMIENTO A LOS MÉRITOS PECUARIO, AGRÍCOLA, FORESTAL, ACUÍCOLA Y PESQUERO	**Dr. Rafael Ariza Flores**	INIFAP
	Dr. Felipe de Jesús Ruiz López	INIFAP
	Dr. Rogelio Flores Velázquez	INIFAP
	M.C. Hiram Castro Garibay	IMIPAS
COORDINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AGROPECUARIA Y TIANGUIS TECNOLÓGICO	**Dra. Edith Rojas Anaya**	INIFAP
	Dr. Sergio Beltrán López	INIFAP
	Dra. Catarina Loredo Osti	UASLP
COORDINACIÓN DE LOS RECORRIDOS TÉCNICOS	**Dr. Sergio Beltrán López**	INIFAP
	Dra. Fabiola Villegas Rodríguez	UASLP
	Ing. Ricardo Villela Reyes	SEDARH
COORDINACIÓN DE LA CONVOCATORIA TALENTO JOVEN	**M. en Com. Sindy Laura Campero Vega**	INIFAP
COORDINACIÓN DE PROMOCIÓN, DIFUSIÓN Y PRENSA	**M. en Com. Sindy Laura Campero Vega**	INIFAP
	Lic. Lucy Liliana Palacios Castellanos	INIFAP
	Lic. Diana Alicia González Armenta	INIFAP
	Lic. Mariana Nerendra García Colín	INIFAP
	C. Carlota Evelyn Díaz	INIFAP
PÁGINA WEB Y PLATAFORMA VIRTUAL	**LSC. José Manuel Rivera Perusquía**	INIFAP
	Ing. Alejandro Pérez Pérez	INIFAP
	Ing. Humberto Velasco Pavia	INIFAP
	Ing. Héctor Benítez Guerrero	INIFAP
	Allan Angeles Cruz Héctor	INIFAP
	Juergen Ibarra Díaz	INIFAP

OPERACIÓN Y LOGÍSTICA	**Dr. Luis Ortega Reyes**	INIFAP
	M.C. Noemí Alejandra Corona González	INIFAP
	Dra. Edith Rojas Anaya	INIFAP
	Dra. Ana María Anaya Escalera	INIFAP
	Mtra. Elba Rojas Díaz	INIFAP
	M.V.Z. José Israel Vázquez Pallares	INIFAP
	Lic. Frida Eloísa Contreras Ramírez	INIFAP
	Lic. Mario A. Guerrero González	INIFAP
	M.C. Martha Eugenia Valdovinos Terán	INIFAP
ADMINISTRACIÓN	**M.P. Martín Rafael González Hernández**	INIFAP
	CP. José Cruz González Flores	INIFAP

Comité Organizador Local

PRESIDENCIA	**Lic. José Ricardo Gallardo Cardona** Gobernador Constitucional del Estado de San Luis Potosí	GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ
VICEPRESIDENCIA	**Jorge Luis Díaz Salinas** Secretario de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos	SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y RECURSOS HIDRÁULICOS (SEDARH)
COORDINACIÓN GENERAL	**Dr. Juan Bautista Rentería Ánima** **Dr. Sergio Beltrán López** **Dr. Heriberto Méndez Cortes** **Ing. Ricardo Villela Reyes**	INIFAP INIFAP UASLP SEDARH
VINCULACION CON EL GOBIERNO DEL ESTADO	**Lic. Yolanda Josefina Cepeda Echavarría**	SECRETARÍA DE TURISMO DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ
OPERACIÓN Y LOGÍSTICA	**Dra. Catarina Loredo Osti** **Dra. María de Luz Guerrero González** **Dra. L. E. del Socorro Hernández Arteaga**	PROFESORAS INVESTIGADORAS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA (UASLP)
APOYO CON MODERADORES EN PRESENTACIONES	**Dr. Martín Escoto Rodríguez**	PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA (UASLP)

COORDINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AGROPECUARIA Y TIANGUIS TECNOLÓGICO	**MC. Antonio Buen Abad Domínguez**	PROFESOR INVESTIGADOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA (UASLP)
DIFUSIÓN Y PRENSA	**Lic. Edgar Adán Lara Marínez**	DIRECCIÓN GENERAL DE LA SECRETARÍA DE TURISMO
ACTIVIDADES CULTURALES Y TURISMO	**Dr. Heriberto Méndez Cortes**	DIRECCIÓN DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA (UASLP)
	Lic. Edgar Adán Lara Marínez	DIRECCIÓN GENERAL DE LA SECRETARÍA DE TURISMO
ADMINISTRACIÓN	**LAE. Oscar Morales Franco**	INIFAP

Contenido general

ÁREA PECUARIA..... 1
SECCIÓN 1. Bienestar animal..... 16
SECCIÓN 2. Biotecnología, biología celular y genómica..... 26
SECCIÓN 3. Endocrinología y reproducción..... 81
SECCIÓN 4. Forrajes y pastizales..... 148
SECCIÓN 5. Inocuidad de alimentos..... 236
SECCIÓN 6. Mejoramiento y recursos genéticos..... 261
SECCIÓN 7. Nutrición y alimentación animal..... 333
SECCIÓN 8. Salud animal, diagnóstico, control y epidemiología..... 439
SECCIÓN 9. Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología 631
ÁREA AGRÍCOLA..... 686
SECCIÓN 1. Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático..... 706
SECCIÓN 2. Biotecnología y genómica..... 773
SECCIÓN 3. Fertilidad de suelos y nutrición vegetal..... 903
SECCIÓN 4. Manejo agronómico..... 987
SECCIÓN 5. Recursos genéticos y mejoramiento..... 1159
SECCIÓN 6. Sanidad vegetal..... 1385
SECCIÓN 7. Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología 1517
ÁREA FORESTAL..... 1598
SECCIÓN 1. Biotecnología, genética y genómica forestal..... 1609
SECCIÓN 2. Manejo forestal sustentable y servicios ambientales..... 1646
SECCIÓN 3. Plantaciones forestales y sistemas agroforestales..... 1746
SECCIÓN 4 Conservación y restauración forestal..... 1795
SECCIÓN 5. Protección, manejo del fuego y salud forestal..... 1859
SECCIÓN 6. Tecnología y comercialización de productos forestales.... 1896
ÁREA ACUÍCOLA Y PESQUERA..... 1936
CONFERENCIA Y SIMPOSIOS..... 2022



ÁREA PECUARIA

Fotografía: Jerónimo Sepúlveda Vázquez

60ª | Reunión científica

2025 • SAN LUIS POTOSÍ

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

Comité Científico del Área Pecuaria

PRESIDENTE

Miguel Enrique Arechavaleta Velasco, INIFAP

EDITORES

Ana María Anaya Escalera, INIFAP
Laura Yavarik Alvarado Avila, INIFAP
Miguel Enrique Arechavaleta Velasco, INIFAP

RESPONSABLES DE SECCIÓN

Sandra Elizabeth Hernández Méndez	UAT	BIENESTAR ANIMAL
Julio Vicente Figueroa Millán	INIFAP	BIOTECNOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÓMICA
Ana María Rosales Torres	UAM-X	ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN
Pedro Jurado Guerra	INIFAP	FORRAJES Y PASTIZALES
Yolanda Beatriz Moguel Ordóñez	INIFAP	INOCUIDAD DE ALIMENTOS
Vicente Eliezer Vega Murillo	UV	MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS
Gerardo Mariscal Landín	INIFAP	NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL
Feliciano Milián Suazo	UAQ	SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA
José Antonio Espinosa García	INIFAP	SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Revisores por sección

BIENESTAR ANIMAL

María Lorena Torres Rodríguez	UAT
Libia Ivonne Pérez Torres	UAT
Sandra Elizabeth Hernández Méndez	UAT

BIOTECNOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÓMICA

Edith Rojas Anaya	INIFAP
Elizabeth Loza Rubio	INIFAP
Julio Vicente Figueroa Millán	INIFAP

ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN

Lucía Eliana Rangel Porta	UNAM
Rubén Santos Echeverría	INIFAP
Héctor Raymundo Vera Ávila	UAQ
Teresa Sánchez Torres Esqueda	COLPOS
José Antonio Mondragón Herrera	UAM-X
Arantzatsu Lassala Irueste	UNAM
José Alfredo Medrano Hernández	UNAM
Joel Hernández Cerón	UNAM
Adrián Guzmán Sánchez	UAM-X
Cyndi Gabriela Hernández Coronado	UAM-X
Ana María Rosales Torres	UAM-X

UTILIZACIÓN DE FORRAJES Y MANEJO DE PASTIZALES

Edith Ramírez Segura	INIFAP
Jonathan Raúl Garay Martínez	INIFAP
Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez	INIFAP
Héctor Ramírez Garduño	INIFAP
Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez	INIFAP
Mario Humberto Royo Márquez	INIFAP
Eduardo Daniel Bolaños Aguilar	INIFAP
Carlos Raúl Morales Nieto	UACH
Pedro Jurado Guerra	INIFAP

INOCUIDAD DE ALIMENTOS

María Genoveva Álvarez Ojeda	INIFAP
Arturo Francisco Castellanos Ruelas	UADY
Liliana Martínez Chávez	UdeG
David Abram Betancur Ancona	UADY
Yolanda Moguel Ordóñez	INIFAP

.

MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS

Adriana García Ruiz	INIFAP
Juan José Baeza Rodríguez	INIFAP
Ángel C. Sierra Vázquez	TECNM
René Calderón Chagoya	INIFAP
Manuel Parra Bracamonte	IPN
Vicente Eliezer Vega Murillo	UV

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL

José Luis Romano Muñoz	INIFAP
Germán Buendía Rodríguez	INIFAP
María Denisse Montoya Flores	INIFAP
Gerardo Ordaz Ochoa	INIFAP
Daniel Trujillo Gutiérrez	INIFAP
Karla Itzel Alcalá Escamilla	INIFAP
Ricardo Basurto Gutiérrez	INIFAP
Luis Humberto López Hernández	INIFAP
Sirley Carrillo Hernández	UAEMéx
Araceli Aguilera Barreyro	UAQ
Ericka Ramírez Rodríguez	INIFAP
Gerardo Mariscal Landín	INIFAP

SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA

Laura Hernández Andrade	INIFAP
Marco Antonio Santillán Flores	INIFAP
Enrique Herrera López	INIFAP
Rosa Elena Sarmiento Silva	UNAM
Yasmín Alcalá Canto	UNAM
Edith Rojas Anaya	INIFAP
Sara González Ruiz	UAQ
Susana Flores Villalva	INIFAP
Isabel Bárcenas Reyes	UAQ
Antonio Álvarez Martínez	INIFAP
Yesenia Guadalupe Contreras Magallanes	UNACH
Feliciano Milián Suazo	UAQ

SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

José de Jesús Espinoza Arellano	UAdeC
Francisco Ernesto Martínez Castañeda	UAEMéx
Yuridia Bautista Martínez	UAT
Mercedes Borja Bravo	INIFAP
Blanca Isabel Sánchez Toledano	INIFAP
Alejandra Vélez Izquierdo	INIFAP
José Antonio Espinosa García	INIFAP

Área Pecuaria

Página

SECCIÓN 1. BIENESTAR ANIMAL 16

FRECUENCIA DE CONTUSIONES EN BOVINOS SACRIFICADOS EN UN RASTRO TIF Y SU ASOCIACION CON LOS FACTORES PRESENTES EN EL PRE-SACRIFICIO. 17

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL EN LA PRODUCCIÓN CUNÍCOLA DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO. 20

INMUNOCASTRACIÓN EN CERDOS: PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR EN EL MUNICIPIO DE TULANCINGO DE BRAVO, HGO. 23

SECCIÓN 2. BIOTECNOLOGÍA, BIOLOGÍA CELULAR Y GENÓMICA 26

BACTERIOMA DEL MURCIÉLAGO *Tadarida brasiliensis* DEL SANTUARIO DE LOS MURCIÉLAGOS DE SANTA EULALIA, CHIHUAHUA, MÉXICO. 27

DESARROLLO DE LA PRUEBA DE ELISA INDIRECTA A PARTIR DE LA PROTEÍNA RECOMBINANTE P30 COMO ALTERNATIVA EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DEL VIRUS DE PESTE PORCINA AFRICANA. 30

INHIBICIÓN DE LA REPLICACIÓN DEL *ORTHORUBULAVIRUS SUIS* EN CULTIVOS CELULARES POR CURCUMINA, RESVERATROL Y ÁCIDO GLICIRRICÍNICO. 33

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EXPRESIÓN RECOMBINANTE PARA LA PROTEÍNA N Y S DE *CORONAVIRUS* (SARS-COV2). 36

EVALUACIÓN DE *Metarhizium anisopliae* Y TIERRA DE DIATOMEAS PARA EL CONTROL DE LA GARRAPATA *Rhipicephalus microplus.* 39

ISLAS CpG´s EN EL GÉNERO ANAPLASMA Y OTROS GÉNEROS DE RICKETTSIALES. 42

AISLAMIENTO DE DNA A PARTIR DE CONTENIDO INTESTINAL DE ANIMALES DE GRANJA Y DETECCIÓN DE TRAZAS DE EVENTOS TRANSGÉNICOS. 45

REGIONES GENÓMICAS ASOCIADAS CON LA FRECUENCIA DE DESPARASITACIÓN QUÍMICA EN OVINOS PELIBUEY EN EL TRÓPICO. 48

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR Y MORFOMÉTRICA DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE CAPRINOS DE DOS LOCALIDADES DEL ESTADO DE OAXACA. 51

DESARROLLO DE UN MÉTODO GENERAL PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE GENÓMICA BACTERIANA: *ESCHERICHIA COLI* DE BOVINOS COMO EJEMPLO. 54

IDENTIFICACIÓN DE REGIONES GENÓMICAS ASOCIADAS CON RETENCIÓN DE MEMBRANAS FETALES EN GANADO HOLSTEIN EN MÉXICO. 57

EXPRESIÓN DIFERENCIAL MEDIANTE RT-qPCR DE GENES ASOCIADOS A LA VIRULENCIA EN *BABESIA BIGEMINA*. 60

TRANSCRIPTOMA HEPÁTICO EN CORDEROS PELIBUEY SUPLEMENTADOS CON UNA MEZCLA HERBAL RICA EN FOSFATIDILCOLINA: EFICIENCIA PRODUCTIVA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE. 63

INTERACCIÓN MOLECULAR DE UNA ENOLASA DE *Anaplasma marginale* CON PROTEÍNAS DE ERITROCITOS Y DE INTESTINO DE GARRAPATA. 66

ANÁLISIS DEL ADN OCULTO EN LA MIEL: UNA HERRAMIENTA GENÓMICA PARA EXPLORAR LA MICROBIOTA Y LA ECOLOGÍA DE *APIS MELLIFERA.* 69

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA LIBERACIÓN DE TRAMPAS EXTRACELULARES DE HEMOCITOS DE *Tenebrio molitor,* EN RESPUESTA A DIFERENTES INDUCTORES. 72

EXPRESIÓN DIFERENCIAL DE GENES ASOCIADOS A LA RESPUESTA INMUNE EN BOVINOS INOCULADOS CON UNA CEPA VIRULENTA O ATENUADA DE *Babesia bigemina.* 75

ADAPTACIÓN DE LA LÍNEA CELULAR RM-SUS DE *Rhipicephalus microplus* A MEDIOS DE CULTIVO CON CONCENTRACIONES REDUCIDAS DE SUERO. 78

SECCIÓN 3. ENDOCRINOLOGÍA Y REPRODUCCIÓN 81

USO DE TIRAS REACTIVAS A ORINA PARA DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN CON SALIVA DE OVEJAS. 82

GENES ASOCIADOS A LA APOPTOSIS FOLICULAR EN OVEJAS: IMPACTO DE LA SELENOMETIONINA. 85

EVALUACIÓN DEL GNRH 34 EN PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE OVULACIÓN PARA IATF EN GANADO CARNICO DE ORIGEN SINTETICO. 88

COMPLEMENTACION A CORTO PLAZO DE UN PRECURSOR GLUCONEOGÉNICO, NIVELES DE GLUCOSA Y CUERPOS CETONICOS EN OVEJAS SINCRONIZADAS AL ESTRO. 91

EXPRESIÓN DE LA CICLOOXIGENASA 2(COX-2) EN EL EPITELIO LUMINAL DEL ÚTERO DE LA BURRA ALREDEDOR DE LA LUTEÓLISIS. 94

SINCRONIZACIÓN DE VACAS CRIOLLO RARÁMURI CON EL USO DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA. 97

EFECTO DEL USO DEL CIPIONATO DE ESTRADIOL SOBRE LA TASA DE GESTACIÓN DE VAQUILLAS SARDO NEGRO MANTENIDAS EN EL TRÓPICO. 100

EFECTO DEL GRUPO RACIAL SOBRE LA FERTILIDAD DE HEMBRAS BEEFMASTER Y BRAFORD BAJO UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN E IATF. 103

RELACIÓN DE LA MICROBIOTA VAGINAL Y LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS. 106

LA ADMINISTRACIÓN DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) AUMENTA LA PRODUCCIÓN ESPERMÁTICA EN OVINOS DURANTE LA ÉPOCA DE REPOSO SEXUAL. 109

SUPLEMENTACIÓN CON *ERYTHRINA AMERICANA* COMO ANTIOXIDANTE NATURAL EN LA EVALUACIÓN DE SEMEN FRESCO Y REFRIGERADO EN CARNEROS. 112

VINCULACIÓN DEL HORARIO DE LA COLECTA DE SEMEN MEDIANTE ELECTROEYACULACIÓN EN CARNEROS CON LA CALIDAD DE LOS ESPERMATOZOIDES DESCONGELADOS Y SU CRIORESISTENCIA. 115

INDUCCIÓN DE LA FORMACIÓN DE CUERPOS LÚTEOS SUPLEMENTARIOS MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DE GNRH MÁS HCG DESPUÉS DEL DÍA 40 EN GESTACIONES MULARES. 118

EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE CARBETOCINA ANTES DE LA ELECTROEYACULACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SEMEN DESCONGELADO EN CARNEROS. 121

EFECTO DE UN MODIFICADOR ORGÁNICO EN LA REPRODUCCIÓN ANUAL DE CARNEROS DE RAZAS DE PELO. 124

EFECTO DE LA REMOCIÓN DEL PLASMA SEMINAL SOBRE LA VIABILIDAD DEL SEMEN CAPRINO CRIOPRESERVADO CON UN DILUYENTE A BASE DE LIPOSOMAS. 127

ULTRASONOGRAFÍA DOPPLER Y TIEMPO REAL EN EL DIAGNÓSTICO DE ENDOMETRITIS SUBCLÍNICA EN VACAS HOLSTEIN DE ESTABLOS FAMILIARES. 130

EFECTO DEL CONTROL TÉRMICO DURANTE LA GESTACIÓN Y LACTANCIA Y SU REPERCUSIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERDA. 133

POTENCIAL DE PRESERVACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA CON LA ADICIÓN DE CAFEÍNA Y ÁCIDO GLUTÁMICO EN SEMEN REFRIGERADO DE CARNEROS. 136

PORCENTAJE E INICIO DEL ESTRO EN OVEJAS DE PELO TRATADAS CON DOS RECONSTITUYENTES METABÓLICOS COMERCIALES. 139

EFECTO DE LA HORMONA LUTEINIZANTE EN CÉLULAS DE LA TECA DE BOVINO: PERFIL PROTEOMICO. 142

PAPEL DE LA DE ESFINGOSINA-1-FOSFATO (S1P) EN LA SEÑALIZACIÓN DE LA HORMONA FOLICULO ESTIMULANTE (FSH) EN CELULAS DE LA GRANULOSA DE BOVINO. 145

SECCIÓN 4. FORRAJES Y PASTIZALES 148

PRODUCCIÓN ANUAL Y DENSIDAD DE POBLACIÓN DE NOPAL FORRAJERO (*Opuntia ficus-indica*) VARIEDAD COPENA 1 EN UNA HUERTA DE TEMPORAL. 149

CALIDAD NUTRICIONAL DE PELLETS DE PASTO PANGOLA (*Digitaria eriantha* Steud) AL ADICIONAR UREA. 152

DESEMPEÑO MORFOLÓGICO DEL MAÍZ CRIOLLO PARA FORRAJE FERTILIZADO CON BOCASHI EN ÁFRICA, PUEBLA. 155

DINÁMICA DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO EN UN PASTIZAL INVADIDO POR ZACATE AFRICANO BAJO CONDICIONES DE SEQUÍA EXTREMA. 158

PRODUCTIVIDAD Y VALOR NUTRICIONAL DE *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* EN UN SISTEMA BIODIVERSIFICADO. 161

DEGRADABILIDAD RUMINAL *in situ* Y CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE LAS ARBUSTIVAS FORRAJERAS *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium*. 164

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE *Clitoria ternatea* BAJO DIFERENTES ARREGLOS TOPOLÓGICOS EN EL TRÓPICO MEXICANO. 167

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE UNA DIETA INTEGRAL PARA BOVINOS EN PASTOREO INTENSIVO BIODIVERSIFICADO. 170

RESPUESTA PRODUCTIVA DE BECERROS EN PASTOREO INTENSIVO BIODIVERSIFICADO. 173

ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE PASTOS CON 6-BENCILAMINOPURINA Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN Y EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS. 176

COMPORTAMIENTO DIURNO DE BECERROS EN PASTOREO INTENSIVO EN UN SISTEMA BIODIVERSIFICADO. 179

POTENCIAL FORRAJERO DE CUATRO ESPECIES LEGUMINOSAS EN EL CICLO DE VERANO EN LA IGUALA GUERRERO. 182

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO. 185

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE UN ZACATAL DE *Amelichloa clandestina* EN LA ESTACIÓN DE OTOÑO. 188

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO ESTACIONAL ESPECIES FORRAJERAS BAJO CONDICIONES DEL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO. 191

CALIDAD DE SEMILLA DE PASTOS PERENNES COSECHADOS EN BORDOS DE CARRETERAS Y CAMINOS EN ZONAS SEMIÁRIDAS. 194

RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE MAÍZ DE TEMPORAL CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA-ORGÁNICA EN LA REGION ALTOS DE JALISCO. 197

Pappophorum vaginatum: PASTO CON POTENCIAL PARA RESTAURACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS. 200

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE PASTO RHODES CON DIFERENTE TIPO DE FERTILIZACIÓN EN CLIMA TEMPLADO DE MICHOACÁN. 203

ANÁLISIS DE LOS CARÁCTERES MORFOLÓGICOS CUANTITATIVOS DE ACCESIONES DE YUCA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE CAMPO EXPERIMENTAL ROSARIO IZAPA. 206

CARACTERIZACIÓN ESTOMATICA EN LEGUMINOSAS FORRAJERAS. 209

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA FORRAJERA EN UN PASTIZAL RESTAURADO CON OBRAS DE CONSERVACION BAJO DISTINTOS ESQUEMAS DE MANEJO. 212

CARACTERÍSTICAS ESTOMÁTICAS DE *Bouteloua gracilis* Y *Stipa clandestina,* GRAMÍNEAS NATIVAS DEL ALTIPLANO TAMAULIPECO..... 215

DINÁMICA DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL EN PASTIZALES DE MONTAÑA: ESTUDIO DE CASO TERRENATES ALTO. 218

RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN SISTEMAS DE PASTOREO CONVENCIONAL Y ROTACIONAL EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA DEL PAPALOAPAN. 221

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE MAÍZ CON APLICACIÓN DE ÁCIDOS FÚLVICOS. 224

DESCRIPCIÓN VARIETAL DE LAS PANÍCULAS DE OCHO HÍBRIDOS APOMÍCTICOS DE ZACATE BUFFEL (*Pennisetum ciliare* L.)..... 227

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO ENTÉRICO CON LA TÉCNICA SF_6 EN BOVINOS CRIOLLOS EN AGOSTADERO. 230

COMPARACIÓN MORFOLÓGICA, NUTRICIONAL Y BROMATOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE *TITHONIA SPP*. Y *HELIANTHUS ANNUUS* COMO ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL. 233

SECCIÓN 5. INOCUIDAD DE ALIMENTOS 236

CAMBIOS ESTACIONALES EN LOS COMPONENTES DE LA LECHE DE CABRA EN UN SISTEMA CON PASTOREO DIURNO Y ENCIERRO NOCTURNO. 237

CAMBIOS ESTACIONALES EN LOS COMPONENTES DE LA LECHE DE VACA EN UN SISTEMA DE PASTOREO INTENSIVO CON SUPLEMENTACION ALIMENTICIA 240

COMPARACIÓN DE LOS COMPONENTES FISICOQUÍMICOS DE LA LECHE DE VACA Y CABRA EN UN SISTEMA CON PASTOREO Y SUPLEMENTACIÓN. 243

REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS DURANTE LA INOCULACIÓN EXPERIMENTAL DE *ASPERGILLUS FLAVUS* EN ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO..... 246

IDENTIFICACIÓN DE *E. coli* PATÓGENA EN CANALES DE UN RASTRO MUNICIPAL. 249

DURABILIDAD DE UNA LECHE FERMENTADA UTILIZANDO MEZCLAS DE *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS Y BIFIDOBACTERIUM BIFIDUM.* 252

ALTERACIONES FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES, NUTRICIONALES Y MICROBIOLÓGICAS EN DIETAS CON LEGUMINOSAS PARA *Apis mellifera* L. DURANTE EL ALMACENAMIENTO. 255

CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LA PLANICIE COSTERA DEL CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ. 258

SECCIÓN 6. MEJORAMIENTO Y RECURSOS GENÉTICOS 261

EL MODELO WOOD MODIFICADO PERMITE ESTIMAR EL PESO VIVO DE LOS OVINOS A PARTIR DEL PERIMETRO TORÁCICO. 262

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN OVEJAS HÍBRIDAS DE LAS RAZAS AWASSI, EAST FRIESIAN Y LACAUNE EN UN REBAÑO COMERCIAL. 264

RESPUESTA DIRECTA Y CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN GENETICA PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN GANADO CHAROLAIS Y CHARBRAY EN MÉXICO. 267

ESTIMACIÓN DE PARAMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL MEDIDAS POR ULTRASONIDO EN GANADO CHAROLAIS Y CHARBRAY EN MÉXICO..... 270

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE APLICADOS COMO CRITERIOS DE SELECCIÓN EN OVEJAS LECHERAS..... 273

EFECTO DE LOS SNP CON ALTO DESEQUILIBRIO DE LIGAMIENTO SOBRE LA PREDICCIÓN DE VALORES GENÉTICOS EN GANADO BOVINO HOLSTEIN. 276

COMPARACIÓN DE PARÁMETROS Y VALORES GENÉTICOS PARA PESO A LA COSECHA EN *Litopenaus vannamei,* UTILIZANDO INFORMACIÓN GENÓMICA Y GENEALÓGICA..... 279

ESTIMACIÓN DE DIVERSIDAD GENÉTICA A PATIR DE CORRIDAS DE HOMOCIGOSIS EN GANADO CRIOLLO DE BAJA CALIFORNIA SUR. ... 282

EDAD AL PRIMER PARTO EN RAZAS BOVINAS PARA PRODUCCIÓN CÁRNICA EN MÉXICO. ... 285

RENDIMIENTO DE LECHE DE VACAS HOLSTEIN PREDICHO POR APRENDIZAJE AUTOMÁTICO. ... 288

EFECTO INCLUIR EL COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD SOBRE LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS. ... 291

DIVERSIDAD GENÉTICA DE SNP ASOCIADOS A CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO EN GANADO BOVINO CRIOLLO DE NAYARIT Y BAJA CALIFORNIA SUR. ... 294

EFECTO DEL GRUPO GENÉTICO DE LAS ABEJAS SOBRE LA EXPRESIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO. ... 297

EFECTO DEL ORIGEN GENÉTICO DE LAS ABEJAS SOBRE LOS NIVELES DE INFESTACIÓN DE *Varroa destructor.* ... 300

DESCRIPCIÓN DE CORRIDAS DE HETEROCIGOSIDAD EN LA POBLACIÓN HOLSTEIN DE MÉXICO. ... 303

EFECTO DEL ESTADIO EMBRIONARIO SOBRE LA VIABILIDAD DE HUEVOS DE ABEJA POST DECORIONIZADOS. ... 306

ESTUDIO DE ASOCIACIÓN GENÓMICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SEXO EN CAMARÓN BLANCO DEL PACIFICO (*LITOPENAEUS VANNAMEI).* ... 309

RELACIÓN GENÉTICA DEL CERDO CRIOLLO TS´ÜDI XIRGO. ... 312

CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y SU RELACIÓN CON MEDIDAS CORPORALES EN CABRITOS PREPÚBERES DE LAS RAZAS NUBIA Y ALPINA FRANCESA. ... 315

TENDENCIAS GENÉTICAS Y FENOTÍPICAS DE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO EN GANADO CHAROLAIS. ... 318

TENDENCIAS GENÉTICAS Y FENOTÍPICAS DE CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN GANADO CHAROLAIS. ... 321

COMPOSICIÓN DEL HATO BOVINO EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DEBURGOS Y MÉNDEZ, TAMAULIPAS. ... 324

MODELADO DE LA PRODUCCIÓN DE METANO EN BOVINOS HOLSTEIN ... 327

MEDIANTE LA ECUACIÓN DE LA CURVA DE LACTACIÓN DE WOOD. ... 327

ANÁLISIS GENÓMICO PRELIMINAR Y RECONSTRUCCIÓN DEL PEDIGRÍ DEL BISONTE AMERICANO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE JANOS MEDIANTE SNPS. ... 330

SECCIÓN 7. NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL ... 333

DEGRADABILIDAD *in sacco* DE ENSILADOS DE CALABAZA PIPIANA (*Cucurbita argyrosperma*) O MELAZA DE CAÑA CON POLLINAZA DESHIDRATADA O UREA. ... 334

CONTENIDO Y APORTE ÓPTIMO DE NUTRIENTES DE ENSILADOS CON DISTINTOS NIVELES DE POLLINAZA Y PULPA DE CALABAZA. ... 337

DEGRADABILIDAD *in sacco* DE NIVELES CRECIENTES DE GUAMÚCHIL (*Pithecellobium dulce*) EN LA DIETA DE CRECIMIENTO PARA OVINOS. ... 340

EFECTO DEL BUTIRATO DE CALCIO Y *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* SOBRE EL DESARROLLO RUMINAL DE CABRITOS LACTANTES. ... 343

EFECTO DE UN SUSTRATO GLUCONEOGÉNICO (LIPOFEED®) SOBRE LOS NIVELES DE GLUCOSA Y CUERPOS CETONICOS EN CABRAS DE PASTOREO EXTENSIVO. ... 346

EFECTO DE CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES Y ACEITES ESENCIALES EN DIETAS EN CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE PECHUGA DE POLLO EN ESTRÉS CALÓRICO. ... 348

EFECTO DEL PROPILENGLICOL SOBRE LOS NIVELES DE GLUCOSA, OVULACIÓN Y TASA OVULATORIA DE CABRAS ALPINAS SINCRONIZADAS AL ESTRO. 351

INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES SOBRE EL CRECIMIENTO DE COMUNIDADES BACTERIANAS CELULOLÍTICAS DEL CABALLO. 354

METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL VALOR ECONÓMICO RELATIVO (VER) DE NUTRIENTES Y FORRAJES EN LA PRODUCCIÓN LECHERA. 357

PORCENTAJE DE OVULACIÓN Y TASA EMBRIONARIA DE OVEJAS DORPER TRATADAS CON UN PRECURSOR GLUCONEOGÉNICO. 360

PORCENTAJE DE MASA MAGRA/MASA GRASA, CALORIMETRÍA, Y COEFICIENTE RESPIRATORIO DE RATONES MACHOS C57BL/6 ALIMENTADOS CON DIETAS ALTAS EN GRASA ADICIONADAS CON LECHE BOVINA PROCEDENTE DE TRES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ZONAS TROPICALES SUBHÚMEDAS. 362

ESTADO FÍSICO DE CABALLOS CUARTO DE MILLA, ALIMENTADOS CON UN CONCENTRADO EXTRUIDO CON PULIDO DE ARROZ Y PULPA DE REMOLACHA. 365

INDUCCIÓN DE LA GLUCONEOGÉNESIS HEPÁTICA *IN VITRO* EN OVINOS MEDIANTE UN COMPUESTO NATURAL. 368

RESPUESTA PRODUCTIVA Y FERMENTATIVA EN BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE SUPLEMENTADOS CON ACEITES VEGETALES: UN METAANÁLISIS. 371

EFECTO DE UN SUPLEMENTO MINERALIZANTE SOBRE EL PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y NIVELES DE CALCIO Y FÓSFORO EN CABRAS NULÍPARAS. 374

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON GARAMBULLO (*Myrtillocactus Geometrizans*) SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE CONEJOS DOMESTICOS EN FINALIZACIÓN (*Oryctolagus cuniculus*). 377

EFECTO DE FITOGENICOS SOBRE DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y RENTABILIDAD EN CORDEROS ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE PULIDO DE ARROZ Y PASTA DE COCO. 380

EFECTO DE FRUCTANOS DE AGAVE *(Variedad salmiana),* SOBRE PH INTESTINAL Y PRESENCIA DE BACTERIAS EN EXCREMENTO DE CERDOS DE DESTETE. 383

DIGESTIBILIDAD Y PRODUCCIÓN *IN VITRO* DE METANO DE ENSILADO DE AVENA (*Avena sativa*) INOCULADO CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS. 386

DESARROLLO DE ECUACIONES PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE METANO A PARTIR DEL CONTENIDO DE TANINOS EN PLANTAS. 389

DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA Y ENERGÍA DEL GARBANZO (*Cicer arietinum*) EN LECHONES RECIEN DESTETADOS. 392

EFECTO DE DOS CANTIDADES DE CONCENTRADO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE DE CABRAS EN PASTOREO. 395

POBLACIÓN DE PROTOZOARIOS RUMINALES DE BORREGAS BLACK BELLY EN RESPUESTA AL CONSUMO DE FIBRA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) PELETIZADA. 398

APROVECHAMIENTO DE *PTERYGOPLICHTHYS* SPP. MEDIANTE ENSILADO ÁCIDO EN DIETAS PARA GALLINAS PONEDORAS: IMPACTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO. 401

CALIDAD DE HUEVO DE GALLINAS BOVANS WHITE ALIMENTADAS CON DIETAS DIFERENCIADAS. 404

ALIMENTO PARA ABEJAS (Apis mellifera) A BASE DE TUNA (Opuntia ficus-indica spp). 407

HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS* L.) EN DIETAS PARA CODORNIZ Y SU EFECTO EN LA PIGMENTACIÓN. 410

ENERGÍA Y NUTRIENTES METABOLIZABLES DE LA HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS L.*) EN CODORNICES JAPONESAS. 413

RENDIMIENTO EN CANAL DE CODORNIZ JAPONESA ALIMENTADA CON DIETAS CON HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA. 416

ENERGÍA Y NUTRIENTES METABOLIZABLES DE LA HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS L.*) EN GALLINAS CRIOLLAS MEXICANAS. 419

CALIDAD QUÍMICA Y ESTABILIDAD AERÓBICA DEL NOPAL ENSILADO CON HARINA DE VAINA DE MEZQUITE O SALVADO DE TRIGO Y BACTERIAS LÁCTICAS. 422

DETERMINACIÓN DE ENERGÍA Y NUTRIENTES METABOLIZABLES DE HARINA DE LARVA MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS*) EN GALLOS CRIOLLOS..... 425

BORREGOS CRIOLLOS EN ETAPA DE ENGORDA CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE ALFALFA (MEDICAGO SATIVA) EN LA DIETA. 428

DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE NOPAL ENSILADO CON HARINA DE VAINA DE MEZQUITE O SALVADO DE TRIGO Y DIFERENTES NIVELES DE BACTERIAS ÁCIDO-LÁCTICAS..... 431

HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS* L.) EN DIETAS PARA CODORNIZ Y SU EFECTO EN EL SISTEMA DIGESTIVO. 433

EFECTO DEL ALGA ROJA MARINA *Solieria filiformis* SOBRE LA PRODUCCIÓN DE METANO EN OVINOS. 436

SECCIÓN 8. SALUD ANIMAL, DIAGNÓSTICO, CONTROL Y EPIDEMIOLOGÍA.....439

FRECUENCIA SEROLÓGICA DEL SUBTIPO H1N2 DEL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN EL ESTADO DE JALISCO. 440

EVALUACIÓN ANTIMICROBIANA DE NANOPARTICULAS DE PLATA CONTRA UN AISLAMIENTO DE *MORAXELLA OVIS* AISLADO DE LESIONES OCULARES EN UN OVINO. 443

LA SALMONELOSIS EN PEQUEÑAS ESPECIES SE ENCUENTRA LIGADA AL EMPLEO DE DIETAS CON CARNE CRUDA. 446

ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DE *Chamaecrista nictitans* (Fabaceae) CULTIVADA A LA INTEMPERIE EN CONDICIONES CONTROLADAS. 449

RESPUESTA HUMORAL POSTERIOR A LA INMUNIZACIÓN CON UN BIOLÓGICO EXPERIMENTAL CONTRA EL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN MODELO MURINO. 452

EVALUACIÓN DE UNA PRUEBA DE RT-PCR EN TIEMPO REAL PARA DIFERENCIAR CEPAS VACUNALES Y CEPAS DE CAMPO DEL VIRUS DE PRRS EN JALISCO. 455

PERSISTENCIA Y VIABILIDAD de Mycobacterium *avium* subespecie *paratuberculosis* EN LAS INSTALACIONES DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN OVINAS, SEGUIMIENTO DE DOS AÑOS DE MUESTREO. 458

PRUEBAS DE SEGURIDAD Y POTENCIA DE LA VACUNA BCG-PHIPPS EN MODELO COBAYO.. 461

PÉRDIDA DE COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS EN EL ESTADO DE CAMPECHE. 464

PRESENCIA DE VARROA Y LA PÉRDIDA DE COLONIAS DE ABEJAS EN MUNICIPIOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN. 467

ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE ANTICUERPOS CONTRA LA ENFERMEDAD DEL OJO AZUL DE LOS CERDOS EN MÉXICO. 470

IMPLEMENTACIÓN DE UN ELISA RECOMBINANTE PARA LA DETECCIÓN DE ANTICUERPOS CONTRA *Chlamydia abortus.* 473

PRESENCIA DE *FUSARIUM* PRODUCTOR DE ZEARALENONA DURANTE LAS ESTACIONES SECA Y HÚMEDA EN MOSCA DOMÉSTICA EN GRANJAS LECHERAS DE AGUASCALIENTES. 476

AVANCES EXPERIMENTALES *IN SILICO* DEL SISTEMA TÓXINA-ANTITÓXINA DE *Coexiella burnetii*, CLAVE PARA DESARROLLO DE TÉCNICAS MOLECULARES PARA SU DETECCIÓN. 479

FRECUENCIA DE *Dirofilaria immitis* Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS EN PERROS DE LA ZONA CONURBADA DE TAMPICO. 482

ACTIVIDAD OVICIDA DE UN ÁCIDO FENÓLICO CONTRA UNA CEPA DE *Haemonchus contortus* SUSCEPTIBLE Y UNA RESISTENTE A IVERMECTINA. 485

EFECTO ANTIHELMÍNTICO DEL ÁCIDO 3,4,5-TRIHIDROXIBENZOICO SOBRE DOS AISLADOS DE *Haemonchus contortus.* 488

CULTIVO *in vitro* DEL NEMATODO *Cooperia punctata* PARA EL ESTUDIO DE PROTEÍNAS DE EXCRECIÓN Y SECRECIÓN. 491

RESISTENCIA A IXODICIDAS EN GARRAPATAS *Rhipicephalus microplus* EN BOVINOS DE LA HUASTECA POTOSINA. 494

IDENTIFICACIÓN, SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA Y FORMACIÓN DE BIOFILM DE AISLAMIENTOS DE *GALLIBACTERIUM ANATIS* OBTENIDOS DE AVES DE COMBATE DE GUERRERO, MÉXICO. 497

DETECCIÓN DE *Moraxella ovis* EN OVINOS CON PROBLEMAS DE QUERATOCONJUNTIVITIS EN EL ESTADO DE MÉXICO. 500

EVALUACIÓN DE UN PROBIÓTICO ACELULAR ELABORADO CON MICROVESÍCULAS DE *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS* ADMINISTRADO VÍA ORAL *EN POLLOS* COBB 500. 503

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE UN SELLADOR COMERCIAL A BASE DE YODO CONTRA CEPAS DE *Staphylococcus aureus* MULTIRRESISTENTES ASOCIADAS A MASTITIS BOVINA. 506

PREVALENCIA DE PARÁSITOS GASTROINTESTINALES EN CABRAS CRIOLLAS EN DOS REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA. 509

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN BACTERIAS DEL GÉNERO *Salmonella* AISLADAS DE ANIMALES EN MÉXICO. 512

EXPRESIÓN GÉNICA DE HCO-PGP-1 y HCO-PGP-16 EN UNA CEPA DE *Haemonchus contortus* RESISTENTE A IVERMECTINA EXPUESTA AL COMPUESTO ÁCIDO GÁLICO. 515

EVALUACIÓN DE MUESTREO GRUPAL DE MÍNIMA INVASIÓN PARA DIAGNÓSTICO DE AGENTES VIRALES DE MAYOR IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE RUMIANTES EN MÉXICO. 518

PREVALENCIA Y FACTORES ESTACIONALES ASOCIADOS A LOS HALLAZGOS PATOLÓGICOS EN HÍGADO Y PULMÓN DE BOVINOS DEL CENTRO DE TAMAULIPAS EN UN RASTRO TIF. 521

ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE LA TUBERCULOSIS BOVINA EN MÉXICO, 2019-2024. 524

EVALUACIÓN DEL HUEVO DEFORME PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA MICOPLASMOSIS DE GALLINAS DE POSTURA SOSPECHOSAS. 527

EFECTO DEL NÚMERO DE TOMAS Y CANTIDAD DE CALOSTRO EN LA PRIMERA TOMA SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE BECERRAS. 530

Cymbopogon nardus COMO INHIBIDOR DE LA ECLOSIÓN DE *Haemonchus contortus* RESISTENTE A IVERMECTINA. 533

DETERMINACIÓN DE FACTORES DE RIESGO Y CALIDAD SANITARIA DE LECHE CRUDA Y QUESOS DE SEIS GRANJAS CAPRINA FAMILIARES EN MÉXICO. 536

POTENCIAL ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA *IN VITRO* DE UN JABÓN A BASE DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO MEXICANO (*Lippia graveolens).* 539

EFECTO DE LA PARIDAD SOBRE CALIDAD DE CALOSTRO, DESARROLLO POSTNATAL Y CARGA PARASITARIA EN BECERRAS. 542

EPIDEMIOLOGÍA MOLECULAR DEL VIRUS DE LA RABIA CIRCULANTE EN *DESMODUS ROTUNDUS* MEXICANOS CON USO DE SECUENCIAS GENOMICAS COMPLETAS. 545

EFECTO DE LA PRESENCIA de *Varroa destructor* EN LAS COLONIAS DE ABEJAS SOBRE LA PREVALENCIA DEL VIRUS DE LAS ALAS DEFORMES. 548

EFECTO DEL CLIMA SOBRE LOS NIVELES DE INFESTACIÓN DE *Varroa destructor* EN COLONIAS DE ABEJAS. 551

POTENCIAL TERAPÉUTICO DE UNA FORMULACIÓN MULTI-HERBAL COMO ESTRATEGIA INNOVADORA Y SOSTENIBLE FRENTE A PATÓGENOS ASOCIADOS A MASTITIS BOVINA. 554

POTENCIAL EFECTO ANTIBACTERIANO DE UNA FORMULACIÓN MULTI-HERBAL SOBRE *Staphylococcus aureus* MULTIRRESISTENTE A ANTIBACTERIANOS. 557

EVALUACIÓN DE PATÓGENOS EN COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS EN QUINTANA ROO. ... 560

COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA RABIA PARALÍTICA BOVINA EN EL ESTADO DE HIDALGO: 2015-2024. 563

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE UN POLIPÉPTIDO DE RMS-17 CONTRA GARRAPATAS *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* MEDIANTE ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL CAPILAR. 566

ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO EN UN MODELO EXPERIMENTAL MURINO PARA LA LINFADENITIS CASEOSA. 569

EVALUACIÓN *IN SILICO* DE LA RESPUESTA INMUNE HUMORAL Y CELULAR DE LA VACUNA DE SUBUNIDADES PLD Y 572

CP40 CONTRA LA LINFADENITIS CASEOSA. 572

FRECUENCIA DE *Cryptosporidium* EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE BOVINO LECHERO EN LOS ALTOS DE JALISCO. 575

IDENTIFICACIÓN DE POLIMORFISMOS DE UN SOLO NUCLEOTÍDO (SNPs) EN GENOMAS COMPLETOS DEL VIRUS DE LA RABIA Y CEPAS VACUNALES. 578

DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DE LAS PROBLEMÁTICAS Y LIMITACIONES EN LA SALUD DE LAS ABEJAS Y DESARROLLO APÍCOLA DE SAN LUIS POTOSÍ. 581

EXPRESIÓN FENOTÍPICA DE LA FORMACIÓN DE BIOFILM POR *STAHYLOCOCCUS AUREUS* AISLADOS DE HATOS LECHEROS DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE LA REGIÓN ECONÓMICA I ESTADO DE MÉXICO. 584

EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA *IN VITRO* DE SEIS SELLADORES CON DIFERENTES INGREDIENTES ACTIVOS CONTRA PATÓGENOS COMÚNMENTE AISLADOS EN CASOS DE MASTITIS BOVINA. 587

FRECUENCIA E IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE *EIMERIA* EN CAPRINOS LOCALIZADOS EN DOS MUNICIPIOS DE QUERÉTARO. 589

ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DE *Melia azedarach* SOBRE NEMATODOS DE CAPRINOS. 592

IDENTIFICACIÓN DE Ureaplasma diversum Y Mycoplasma bovigenitalium EN VACAS LECHERAS. 595

PREVALENCIA DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN CABRAS EN DIFERENTES REGIONES DEL ESTADO DE HIDALGO. 598

POTENCIAL LARVICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Lippia graveolens* SOBRE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE CAPRINO. 601

LEPTOSPIROSIS EN RANCHOS DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, ... 604

ACTIVIDAD DE *Agave salmiana* SOBRE LA INHIBICIÓN DE LA ECLOSIÓN DE HUEVOS DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE CAPRINOS. 607

DETECCIÓN DE PARÁSITOS DE LA CAVIDAD ABDOMINAL DE PECES DE INTERÉS COMERCIAL EN EL SISTEMA LAGUNAR POM- ATASTA, CAMPECHE. 610

DIVERSIDAD BACTERIANA PRESENTE EN LA ICTIOFAUNA DEL SISTEMA LAGUNAR POM- ATASTA, CAMPECHE. 613

RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN POTROS CON DIARREA: UN DESAFÍO DESDE EL ENFOQUE DE UNA SOLA SALUD. 616

FACTORES DE RIESGO PARA VALORES DE PH URINARIO MENORES A 6.0 EN BECERRAS HOLSTEIN DE DOS DÍAS DE EDAD. 619

ACTIVIDAD ANTIHELMINTICA DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *Arceuthobium globosum* CONTRA HUEVOS DE NEMÁTODOS GASTOINTESTINALES DE CAPRINOS. 622

RELEVANCIA DEL PERRO COMO VECTOR POTENCIAL DE *GIARDIA INTESTINALIS* EN GANADO Y PERSONAS. 625

FRECUENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE *Cryptosporidium* SPP. EN CABRAS EN EL ESTADO DE QUERÉTARO. 628

SECCIÓN 9. SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA 631

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LAS UNIDADES FAMILIARES DE PRODUCCIÓN DE LECHE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN DOS MUNICIPIOS DE QUERÉTARO. 632

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE LECHE EN EL ESTADO DE QUERÉTARO. 635

ACERCAMIENTO AL ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS EN EL AÑO 2024. 638

DESEMPEÑO ECONÓMICO DEL USO DE ENSILADOS DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN MEZCLA COMO COMPLEMENTO AL PASTOREO DE VACAS LECHERAS. 641

DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA GANADERÍA LECHERA DE PEQUEÑA ESCALA EN EL ORIENTE DEL VALLE DE MÉXICO. 644

SUSTENTABILIDAD SOCIOECONÓMICA DEL SISTEMA BOVINO DE DOS COMUNIDADES EN ESCÁRCEGA, CAMPECHE. 647

PRIORIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA APICULTURA DE *Apis Mellifera* (L.), EN CHIHUAHUA. 650

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS SANITARIOS EN REBAÑOS CAPRINOS CON EL DIAGNÓSTICO DE LINEA BASE COMO HERRAMIENTA. 653

RELACIÓN ENTRE FACTORES PRODUCTIVOS Y SOCIALES DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN LLERA, TAMAULIPAS. 656

INVESTIGACIÓN REPORTADA SOBRE LA OVINOCULTURA MEXICANA EN LO QUE VA DEL SIGLO. 659

ANÁLISIS ESTRUCTURAL PROSPECTIVO PARA EL DESARROLLO DE CAPACIDADES TÉCNICAS DE LA PORCICULTURA DE TRASPATIO. 662

EFICIENCIA BIOECONÓMICA DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA DEL SISTEMA DE TRASPATIO REPRESENTATIVAS EN LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO MICHOACÁN. 665

EFECTOS DE LOS PLAGUICIDAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN APICOLA DE CAMPECHE, MÉXICO. 668

ACEPTABILIDAD DE UN HELADO CASERO ELABORADO CON LECHE DE CABRA VS HELADO COMERCIAL EN SAN PEDRO, COAHUILA. 671

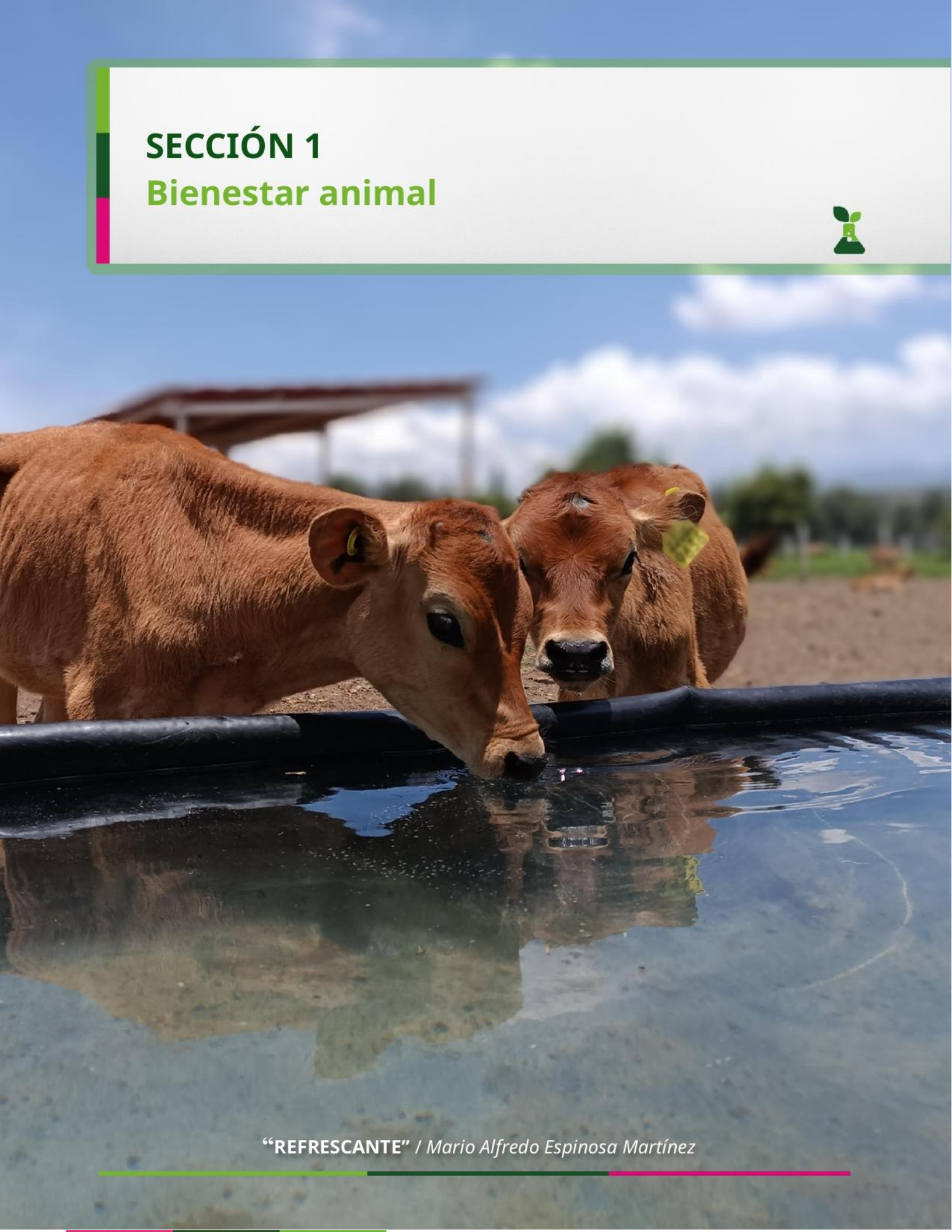
ANÁLISIS DE PRÁCTICAS TECNOLÓGICAS EN RANCHOS GANADEROS EN EL MUNICIPIO DE MADERA, CHIHUAHUA. 674

CARACTERIZACIÓN ESTATAL DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE EN MÉXICO AL 2023. 677

REDISEÑO DE UN SISTEMA DE CORTE APLICADO EN LA MOLIENDA DE NOPAL PARA OBTENER TAMAÑOS DE PARTÍCULA PARA GENERAR FORRAJE FERMENTADO. 680

CARACTERIZACIÓN ESTATAL DE LA PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES EN MÉXICO AL 2023. 683

SECCIÓN 1
Bienestar animal



“REFRESCANTE” / *Mario Alfredo Espinosa Martínez*

FRECUENCIA DE CONTUSIONES EN BOVINOS SACRIFICADOS EN UN RASTRO TIF Y SU ASOCIACION CON LOS FACTORES PRESENTES EN EL PRE-SACRIFICIO.

Luis Enrique Sánchez-Pérez[1*], Jorge Loredo-Osti[1], Fernando Figueroa-Saavedra[2], Ivonne Ceballos-Olvera[1], Miguel Ruíz-Albarrán[1], Luis Mario Leyva-Zapata[1], Cristina Pérez-Linares[2]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata", Universidad Autónoma de Tamaulipas; [2]Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California

*Autor para correspondencia: enriquexp100@gmail.com

Palabras clave: contusiones, manejo, bovinos.

Introducción

En los últimos años, el bienestar animal ha tomado importancia creciente en todo el mundo, donde se considera cada vez más que la calidad del producto cárnico no sólo debe estar determinada por la naturaleza y la inocuidad de este, sino también por la percepción del estado de bienestar que haya tenido el animal que produjo ese alimento. Dentro de los principales factores que afectan el comportamiento del sector cárnico mexicano está el aumento en las contusiones que se presentan en bovinos en el manejo *ante mortem*, ya que representan un claro signo de un deficiente bienestar, repercuten negativamente en la calidad de la carne y en muchos de los casos provocan decomisos totales o recortes de músculo que disminuyen su valor comercial, provocando pérdidas económicas a los productores. Las causas de las contusiones en bovinos tienen su origen en las etapas previas al sacrificio, principalmente en las prácticas ligadas al transporte, estancia en los corrales de espera y manga de sacrificio de un rastro, además su presencia es afectada por el calor extremo y por el temperamento del animal. La ubicación, gravedad, frecuencia y características de las contusiones brindan valiosas pistas sobre las causas de estas. Estos cuatro aspectos visualizados en las canales logran ser indicativos de eventos específicos de manejo *ante mortem* y pueden utilizarse para determinar áreas problemáticas en la cadena logística del proceso de sacrificio, lo cual facilita la prevención de esta problemática, y ayuda de esta manera, a evitar la depreciación de su valor económico. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue "Evaluar los factores de manejo, intrínsecos y climáticos, previo al sacrificio de los bovinos y su relación sobre el número y extensión de las contusiones en las canales de bovino".

Materiales y métodos

Ubicación

Esta investigación se realizó en el Rastro Tipo Inspección Federal (TIF) de Cd. Victoria, Tamaulipas.

Tamaño de muestra

Se evaluaron 466 bovinos, este tamaño de muestra fue determinado utilizando la fórmula de proporciones para una población finita, el cual fue distribuido en dos tiempos de evaluación: enero y agosto de 2024.

Evaluación de los factores de manejo *ante mortem.*

Mediante formatos establecidos se registraron las siguientes variables sobre el manejo previo al sacrificio. -Descarga de bovinos: tiempo de descarga, espacio disponible en vehículo y tipo de vehículo. -Estancia *ante mortem* en corrales: tiempo de espera y espacio disponible en corral. -Estancia en manga de sacrificio: frecuencia de uso de utensilio de arreo, frecuencia de resbalones o caídas, tiempo en manga de sacrificio, riesgo de cornada, golpe con puerta de no retorno y número de personas en el arreo. -Intrínsecos: sexo. -Climáticas: época-mes. -Canales: número y extensión de las contusiones.

Análisis estadístico

Para valorar la asociación entre el número de contusiones y su extensión promedio con las variables de manejo *ante mortem*, intrínsecas y climáticas, se utilizaron las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney, Kruskal Wallis y el coeficiente de rho de Spearman, mediante el software R Studio v. 4.4.0 con $\alpha = 0.05$.

Resultados

Se registraron un total de 3,609 contusiones a partir de 466 canales evaluadas, es decir, una media de 7.7 contusiones por canal, dando una prevalencia de 96.9 % de canales que presentaron al menos una contusión. La extensión promedio por canal fue de 43.8 cm². La asociación de las variables categóricas y continuas sobre el número de contusiones y su extensión promedio en las canales bovinas se pueden observar en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Efecto de las variables categóricas sobre el número y la extensión promedio de las contusiones

Variable	Número de contusiones		Valor de *p*	Extensión promedio (cm²)		Valor de *p*
	Media	EE		Media	EE	
Animal						
Sexo			<0.01			<0.01
Hembra	8.38	0.21		42.45	1.47	
Macho	4.59	0.41		21.74	1.75	
Descarga						
Tipo de vehículo			0.02			0.96
C	7.92	0.38		42.54	2.92	
½-R	5.60	0.57		40.16	4.96	
R	8.01	0.32		37.29	1.90	
T	7.94	0.39		37.60	2.34	
Sacrificio						
Mes			<0.01			<0.01
Enero (época fría)	8.60	0.26		32.91	1.32	
Agosto (época cálida)	6.57	0.29		47.76	2.43	
Manga de sacrificio						
Resbalones/caídas			0.13			0.49
Si	9.8	1.39		48.01	1.87	
No	7.72	0.20		38.86	1.32	
Instrumento de arreo			0.04			0.008
Ninguno	9.16	0.81		30.60	3.05	
Palo	7.60	0.22		40.44	1.47	
Riata	7.05	0.59		30.11	3.81	
Otros	9.88	1.07		46.61	10.69	
Riesgo de cornada			0.23			0.77
Si	7.97	0.28		38.56	1.64	
No	7.50	0.28		39.67	2.12	
Golpe con puerta no retorno			0.42			0.95
Si	7.84	0.30		39.49	2.18	
No	7.71	0.26		38.80	1.64	
N° de personas en el arreo			0.78			0.06
1	7.75	0.31		42.10	2.14	
2	7.73	0.27		36.70	1.65	
3	8.14	0.75		33.85	5.17	

C: camioneta Pick-up; ½-R medio remolque; R remolque completo; T torton

Cuadro 2. Efecto de las variables cuantitativas sobre el número y la extensión promedio de las contusiones

Variable	Número de contusiones		Extensión promedio (cm²)	
	rho	Valor de *p*	rho	Valor de *p*
Descarga				
Tiempo de descarga (min)	0.16	<0.01	-0.05	0.25
Espacio disponible (m²/animal)	-0.17	<0.01	-0.08	0.16
Corral de espera				
Tiempo en corral (h)	-0.12	<0.01	0.10	0.02
Espacio disponible (m²/animal)	-0.19	<0.01	0.05	0.25
Manga de sacrificio				
Tiempo en manga (min)	<0.01	0.98	-0.01	0.71

Discusión

La presencia de contusiones de canales bovinas en México oscila en un rango que va de 75.8% a 92.5% (1,2), el resultado encontrado en este estudio (96.9%) es mayor al límite superior de este intervalo. La alta incidencia de esta problemática no es exclusiva del país, en Argentina y Brasil, países también latinoamericanos, se ha observado prevalencias de 99.7 y 98.0% respectivamente (3,4). Sin embargo, el promedio de contusiones por canal de este estudio (7.7), supera a lo reportado en estos dos países, los cuales fueron de 4.7 para Argentina y 2.8 en Brasil. Según Sánchez et al. (5), los factores de manejo *ante mortem* que inciden en la presencia de contusiones son variados y fluctúan según la región, por tal motivo, algunos estudios reportan a estos factores como de riesgo a la incidencia de esta anomalía y en otros no se encuentra asociación. En este sentido, de las trece variables de manejo previo al sacrificio evaluadas, solo cuatro de ellas (de naturaleza categórica) mostraron relación significativa con el número de contusiones presentes en la canal (sexo, tipo de vehículo, época del año e instrumento de arreo), estas mismas variables (exceptuando el tipo de vehículo) también mostraron significancia estadística en la extensión promedio de ellas. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por otros autores. Por otro lado, algunas de las variables cuantitativas continúas evaluadas registraron significancia estadística en la correlación con el número de contusiones y su extensión promedio, sin embargo, en todos los casos el coeficiente de correlación no superó el valor de 0.20 (positivo o negativo), lo que indica una correlación débil o pobre, por lo tanto, carecen de valor predictivo para la estimación del número de contusiones y extensión media bajo las mismas condiciones en que fueron evaluadas.

Conclusiones

Solo cuatro de las variables evaluadas tuvieron influencia en el número de contusiones y/o su extensión, no obstante cada una de ellas es de diversa índole: el tipo de vehículo y el instrumento de arreo utilizado son parte de dos etapas del manejo *ante mortem* (transporte y manga de sacrificio), el sexo es de naturaleza intrínseca del bovino y la época del año es de tipo climática, estos resultados indican que los factores que están involucrados en el riesgo de aumento en la frecuencia de contusiones están presentes en todas las etapas y son variados. Por lo anterior, es necesaria una evaluación multicausal en todo el proceso previo a la matanza para prevenir de manera adecuada este problema.

Referencias bibliográficas

1. Sánchez Pérez, J. N., Robles Estrada, J. C., Portillo Loera, J. J., Ríos Rincón, F. G., Leyva Medina, K. H., Acuña Meléndez, O. S., Félix Bernal, J. A., & Ramos, H. D. (2019). Prevalencia, caracterización y factores de riesgo asociados a contusiones en canales bovinas en una planta de sacrificio en Sinaloa, México. *Biotecnia*, 21(3), 114–120. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v21i3.1041
2. Miranda-de la Lama, G. C., Monge, P., Villarroel, M., Olleta, J. L., García-Belenguer, S., & María, G. A. (2011). Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates. *Tropical Animal Health and Production*, 43(5), 915–922. https://doi.org/10.1007/s11250-011-9783-7
3. Strappini, A. C., Frankena, K., Metz, J. H. M., Gallo, C., & Kemp, B. (2012). Characteristics of bruises in carcasses of cows sourced from farms or from livestock markets. *Animal*, 6(3), 502–509. https://doi.org/10.1017/S1751731111001698
4. Petroni, R., Bürger, K. P., Gonçalez, P. O., Rossi, G. A. M., Vidal-Martins, A. M. C., & Aguilar, C. E. G. (2013). Ocorrência de contusões em carcaças bovinas em frigorífico. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14(3), 478–484. https://www.scielo.br/j/rbspa/a/r5yspy4YgDxsfYRHX839SXk/
5. Sánchez, J. N., Félix-Leyva, B. J., Velázquez, D. Z., Rosiles, J. R., Montero, A., Strappini, A. C., Gallo, C., Robles-Estrada, J. C., Portillo-Loera, J. J., Díaz, D., & Dávila-Ramos, H. (2022). Prevalence, risk factors, and main characteristics of bruises in cattle: A meta-analysis in the American continent. *Veterinaria México OA*, 9, 1–27. https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2022.10

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN DEL BIENESTAR ANIMAL EN LA PRODUCCIÓN CUNÍCOLA DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO.

Yamileth Jerónimo-Romero[1,2], José Guadalupe Herrera-Haro[1]*, María Esther Ortega-Cerrilla[1], María Concepción Méndez-Gómez-Humarán[3], Juan Manuel Nuñez-Aramburu[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, estado de México, México. C. P. 56264. [2] Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología. Toluca de Lerdo, estado de México, México. C. P. 50120. [3]Universidad Autónoma de Querétaro. Avenida de las Ciencias s/n, Juriquilla, Querétaro, México. C. P. 76230.

*Autor para correspondencia: haro@colpos.mx

Palabras clave: IRTA, Instituto Colombiano Agropecuario, *Oryctolagus cuniculus*.

Introducción

El bienestar de los animales de granja es un concepto dinámico y multidimensional, lo que complica su definición y evaluación. En las últimas décadas, se han desarrollado diversas investigaciones orientadas a establecer metodologías para evaluar el bienestar animal (BA) en distintos contextos productivos. Muchos de estos hallazgos han derivado en el diseño de protocolos de evaluación y el desarrollo de medidas científicamente fundamentadas, con el propósito de transformar el conocimiento técnico en información comprensible para los distintos actores involucrados en la producción animal (Spigarelli *et al.,* 2021).
En el caso de los conejos, únicamente existen tres protocolos estructurados: el protocolo del IRTA, en España; el protocolo EBENE, en Francia; y el sistema de evaluación de riesgos en granja cunícola CLASSYFARM, en Italia. Sin embargo, ninguno ha sido completamente validado, lo que es relevante dadas las diversas condiciones de alojamiento y manejo bajo las cuales se cría esta especie a nivel global. La información disponible sobre las necesidades de bienestar de los conejos bajo condiciones de producción aún es limitada, por lo que requiere mayor investigación sobre la validez, viabilidad y repetibilidad de los indicadores en distintas regiones del mundo (Almeida y Silva, 2024). Si bien los protocolos mencionados han sido desarrollados con base en condiciones europeas, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) propuso un protocolo adaptado a las condiciones de su país. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue describir y comparar los resultados de la evaluación del BA utilizando un protocolo europeo y uno adaptado a un país latinoamericano.

Materiales y métodos

Se evaluaron cinco Unidades de Producción Cunícola (UPC) ubicadas en la región Oriente del Estado de México, las cuales se caracterizan por ser semi tecnificadas, con sistema semiintensivo, intervalo entre partos de 42 a 49 días, monta natural y ciclo completo. En el área de reproducción se albergan entre 20 y 120 hembras reproductoras, junto con sus respectivas camadas de hasta 35 días de edad. En cada UPC se evaluó un máximo de 50 conejas con sus crías. La recolección de datos fue realizada por un solo evaluador mediante observación directa y revisión documental y mínima intervención sobre los animales. Las evaluaciones duraron en promedio 180 minutos, iniciando a las 8:00 a.m., durante el otoño 2024.

Se aplicaron dos protocolos: el desarrollado por el IRTA (Dalmau *et al.,* 2023) y el adaptado por el ICA (Montoya *et al.*, 2023). Dado que los sistemas de puntuación, las ecuaciones de ponderación para obtener la Evaluación de Bienestar Animal (EBA) y la categorización del bienestar difieren entre protocolos. Los parámetros del ICA fueron reorganizados conforme a la estructura del IRTA para comparar los resultados obtenidos, conservando el sistema de puntuación original. Se utilizó la ecuación final de ponderación del IRTA calcular el EBA:

$$EBA = (\text{alimentación} * 0.15) + (\text{alojamiento} * 0.3) + (\text{salud} * 0.35) + (\text{comportamiento} * 0.2)$$

La categorización de BA de las UPC se determinó con base en el sistema del IRTA.

Resultados y discusión

Estructura básica del protocolo

La principal diferencia entre ambos protocolos radica en su organización estructural. El protocolo del IRTA se basa en cuatro principios fundamentales del BA (buena alimentación, buen alojamiento, buena salud y buen comportamiento), los cuales se desglosan en 11 criterios y 58 parámetros. Por su parte, el protocolo del ICA se estructura en tres secciones de acuerdo con las cinco libertades, con medidas basadas en recursos, el animal y manejo. Esta versión incorpora un total de 38 parámetros. Cabe destacar que ambos protocolos adoptan un enfoque de evaluación ascendente.

Parámetros evaluados

Como ya se mencionó, ambos protocolos difieren en el número de parámetros evaluados, siendo que el ICA califica 20 parámetros menos que el del IRTA. Esta diferencia se debe, en parte, a que el protocolo del ICA agrupa en un solo parámetro aspectos que en el del IRTA se evalúan individualmente. Por ejemplo, mientras que el IRTA distingue entre la limpieza del comedero y su estado físico, el ICA los integra en un único parámetro: “estado y limpieza del comedero”. Esta forma de consolidar indicadores representa un desafío para la asignación de puntajes, ya que exige el cumplimiento simultáneo de ambos aspectos. Surge entonces la pregunta: ¿cómo debe calificarse un comedero que se encuentra limpio, pero presenta daños estructurales?

Otro aspecto relevante es la inclusión de parámetros de penalización en el protocolo del IRTA. Estos funcionan restando puntos directamente al criterio correspondiente cuando no se alcanza el valor óptimo. En contraste, el protocolo del ICA no contempla este tipo de penalizaciones. Sin embargo, incorpora parámetros no abordados por el IRTA que resultan especialmente pertinentes para el contexto de la cunicultura mexicana, tales como: ventilación, métodos de aturdimiento y sacrificio de los conejos para consumo, protección contra depredadores y limpieza general de la galera. En cuanto a los parámetros destinados a evaluar el comportamiento animal, el protocolo del ICA contempla únicamente tres, en comparación con los nueve considerados por el IRTA.

Medidas umbrales y asignación de puntajes

Ambos protocolos emplean medidas umbrales; sin embargo, difieren en el grado de exigencia y en la forma de asignar puntajes. El protocolo del IRTA aplica un sistema más estricto, en el que únicamente se otorgan puntos cuando se alcanzan los umbrales definidos como “excelente” o “mínimo aceptable”. En caso de no cumplir con este último, el puntaje asignado es automáticamente cero, sin posibilidad de valores intermedios. Por el contrario, el protocolo del ICA contempla una escala más amplia, asignando puntajes diferenciados a los niveles “excelente”, “aceptable”, “mínimo aceptable” y “no aceptable”. Esta mayor flexibilidad en la asignación de puntajes permite que las evaluaciones bajo este protocolo tiendan a arrojar resultados finales más altos en comparación con los obtenidos mediante el protocolo del IRTA.

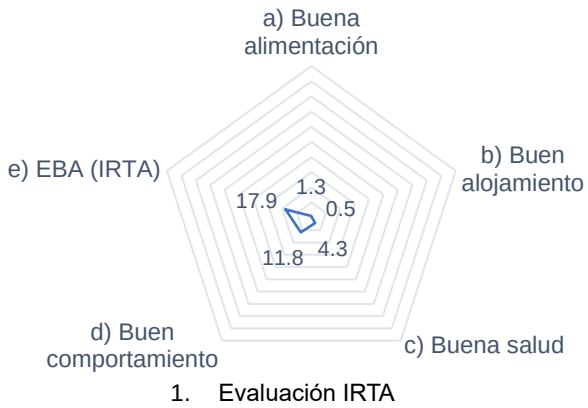
Ecuaciones de ponderación

El protocolo del IRTA emplea un sistema de 16 ecuaciones, a partir de las cuales se obtiene un puntaje ponderado por criterio, por principio y el puntaje general. En contraste, el protocolo del ICA no detalla de forma explícita el procedimiento para integrar los puntajes. Ante esta limitación, se dedujo que la forma más adecuada era promediar los puntajes de cada sección para luego aplicar la ecuación final de ponderación.

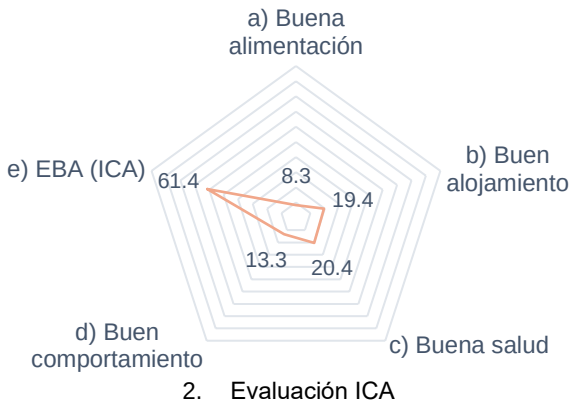
Comparación de los puntajes obtenidos con los protocolos IRTA e ICA

La Figura 1 muestra los resultados de la Evaluación de Bienestar Animal (EBA) de las UPC, obtenida con los protocolos del IRTA y del ICA. Se incluyen los puntajes por principio y el general. En todos los casos, los valores obtenidos con el protocolo del ICA fueron superiores a los registrados con el protocolo del IRTA. Esta diferencia se atribuye a la variación en los parámetros, en los sistemas de puntuación y en los umbrales utilizados por cada protocolo. La categorización del bienestar animal también. Según el protocolo del IRTA, el puntaje global fue de 17.9, lo cual clasifica a las UPC dentro de la categoría “insuficiente” (<20 puntos). En contraste, la evaluación con el protocolo del ICA arrojó un puntaje de 61.4, correspondiente a la categoría “buena” (56–80 puntos). Asimismo, por protocolo, los principios peor evaluados fueron “buen alojamiento” y “buena alimentación” para el IRTA y el ICA respectivamente; mientras que los mejor evaluados fueron “buen comportamiento” y “buena salud” para el IRTA y el ICA respectivamente.

.



1. Evaluación IRTA



2. Evaluación ICA

Figura 1. Puntuación por principio y evaluación de bienestar animal (EBA) en las unidades de producción cunícola del Oriente del Estado de México. 1) Evaluación con el protocolo IRTA, España; 2) Evaluación con el protocolo ICA, Colombia.

Conclusiones

El protocolo del ICA presenta un menor grado de rigurosidad y objetividad en comparación con el protocolo del IRTA, lo cual puede conducir a una sobreestimación del puntaje final y, en consecuencia, a la asignación de categorías de bienestar que no reflejan con precisión la realidad de las unidades evaluadas. No obstante, el protocolo del ICA incluye parámetros relevantes que podrían ser considerados en una eventual adaptación del protocolo IRTA a las condiciones específicas de la cunicultura en México.

Es fundamental analizar el sistema de ecuaciones propuesto por el IRTA para integrar, ajustar o descartar indicadores conforme a criterios técnicos y científicos, y así tener una herramienta de evaluación del bienestar animal que se aproxime a las condiciones mexicanas.

Agradecimientos

Este estudio se realizó dentro de la línea de investigación del Programa de Ganadería: “Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático” y con el apoyo del COMECYT.

Referencias bibliográficas

1. Almeida, M., & Silva, S. R. (2024). Welfare Protocols for Rabbits. In: Simões, J., Monteiro, J.M. (eds) *Veterinary Care of Farm Rabbits.* 189-200. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44542-2_17}
2. Dalmau, A., Pallisera, J., Moles, X., Baulida, B., Xercavins, A., Velarde, A. (2023). Protocolo de evaluación de bienestar para conejos reproductores y gazapos. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Spain, 49 p.
3. Montoya-Arias, V. A., Vargas-Rodríguez, M. R., López-Sánchez, A. E., Brito-Sierra, E., Zamora-Pineda, V. S., & Palacios-Orozco, H. (2023). Metodología para evaluar el bienestar animal en conejos. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia, 41 p.
4. Spigarelli, C., Berton, M., Corazzin, M., Gallo, L., Pinterits, S., Ramanzin, M., ... & Bovolenta, S. (2021). Animal welfare and farmers' satisfaction in small-scale dairy farms in the Eastern Alps: a “One Welfare” approach. Frontiers in Veterinary Science, 8, 741497.

INMUNOCASTRACIÓN EN CERDOS: PERCEPCIÓN DEL CONSUMIDOR EN EL MUNICIPIO DE TULANCINGO DE BRAVO, HGO.

Ana Laura González-Molina[1], José Vicente Velázquez Morales[2], Yolanda Osorio Marin[3], José Ma. Fernando Copado Bueno[4] y Miguel Paul Conde-Hinojosa[1y4]*

[1]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
[2]Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
[3]Universidad Politécnica de Francisco I. Madero
[4]Universidad Autónoma Chapingo

*Autor para correspondencia: miguel_conde@uaeh.edu.mx

Palabras clave: castración inmunológica, bienestar animal, percepción consumidor.

Introducción

El comportamiento del consumidor actual está influenciado por factores culturales, personales, psicológicos y sociales, demandando productos de calidad que sean producidos de manera ética y sostenible. En la industria porcina, el bienestar animal ha cobrado relevancia, especialmente en prácticas como la castración quirúrgica tradicional, la cual genera estrés y dolor en los lechones. La inmunocastración se presenta como una alternativa menos invasiva que utiliza la inmunización activa contra la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) para suprimir las funciones testiculares, evitando el olor y sabor sexual en la carne sin los efectos negativos de la castración quirúrgica. Esta práctica contribuye a la producción animal sostenible, reduciendo emisiones de gases de efecto invernadero y promoviendo el bienestar animal. El objetivo del estudio fue conocer la percepción de los consumidores del municipio de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, en relación a la inmunocastración como alternativa a la castración quirúrgica en cerdos macho.

Materiales y métodos

Se utilizó metodología cuantitativa mediante un instrumento de recolección de datos diseñado en Google Forms, aplicado entre marzo y abril de 2024. El instrumento constó de cinco secciones con diecisiete preguntas dirigidas a consumidores de carne de cerdo mayores de 18 años. Se empleó muestreo no probabilístico por conveniencia, distribuyendo el enlace a través de grupos comunitarios, correos electrónicos y redes sociales. El tamaño de muestra se calculó utilizando la fórmula para población finita, considerando la población de Tulancingo de Bravo (168,369 habitantes), nivel de confianza del 95%, margen de error del 5% y probabilidades de éxito y fracaso del 50%, resultando en 384 participantes. Los datos fueron analizados mediante IBM SPSS versión 19.0, utilizando estadística descriptiva, tabulación cruzada, pruebas de chi-cuadrado, análisis factorial exploratorio y análisis de contenido cualitativo para las respuestas abiertas.

Resultados y discusión

Se obtuvieron 403 respuestas, de las cuales 388 (96.30%) correspondían a consumidores de carne de cerdo. El 67.30% de los encuestados desconocía el término "inmunocastración" previo al estudio. Cuando se les preguntó si habían escuchado el término “inmunocastración” en cerdos, el 67,30% respondió que no, para esto, se les proporcionó una definición técnica obtenida a partir de la revisión de literatura: *“Se presenta la inmunocastración como una técnica alternativa a la castración quirúrgica, procedimiento que por medio de la aplicación de una vacuna suprime temporalmente las funciones testiculares, evitando el olor y sabor sexual en la carne de los cerdos”.* A las personas que respondieron que sí conocían el término se omite la definición, lo cual, solo fue para el 32,70%.

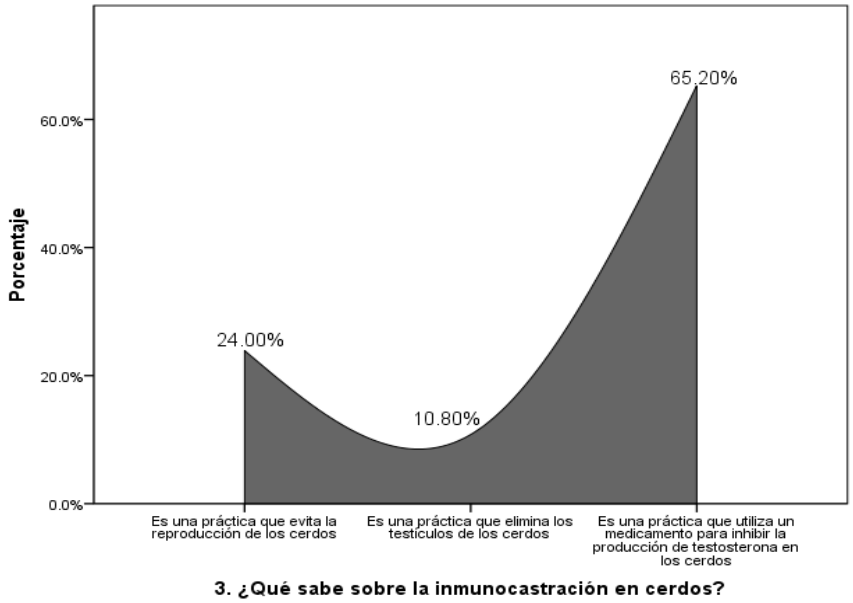


Fig. 1 Conocimiento de los consumidores tulancinguenses frente a la castración inmunológica.

Después de proporcionar la definición técnica, el 65.20% identificó correctamente la práctica como un método que utiliza medicamento para inhibir la producción de testosterona (Fig. 1). Respecto a la percepción ética, el 43.30% consideró la inmunocastración como una práctica ética, mientras que el 44.60% la calificó como segura. En cuanto a la efectividad comparada con la castración quirúrgica, el 39.90% mostró indecisión, evidenciando la necesidad de mayor información. La disposición de compra fue notable, con 51.30% de participantes dispuestos a adquirir carne de cerdo inmunocastrado. Los beneficios percibidos incluyeron contribución al bienestar animal (36.90%) y mejor calidad de la carne (29.60%). La principal desventaja identificada fue la falta de aceptación por desconocimiento (50.30%). El 82.0% opinó que esta práctica debe estar regulada, y el 55.20% expresó interés en conocer el impacto en la salud humana.

Conclusiones

Los consumidores de Tulancingo de Bravo muestran una actitud positiva hacia la inmunocastración una vez informados sobre la técnica, con más de la mitad dispuesta a consumir este tipo de carne. Sin embargo, existe una marcada falta de conocimiento previo sobre la práctica, lo que representa tanto un desafío como una oportunidad para la industria porcina. La preocupación por el bienestar animal y la seguridad alimentaria son factores determinantes en la aceptación del consumidor. Es fundamental implementar estrategias de comunicación clara y transparente, así como regulaciones adecuadas para fomentar la confianza del consumidor y promover la adopción de prácticas más éticas y sostenibles en la producción porcina.

Agradecimientos

Se agradece la participación de los consumidores de Tulancingo de Bravo y el apoyo institucional para la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

1. Benassini, M. 2014. Introducción a la investigación de mercados: un enfoque para América Latina. 2a. ed. Pearson Educación de México.
2. Delgado, S. L. A., García, V. A., Pérez, S. R. E., López, R. M. y Ortiz, R. R. 2020. Efecto de diferentes métodos de castración de lechones sobre la curva de crecimiento durante la etapa de 6 a 50 kg.
3. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. El Cerdo, base culinaria en México. Gobierno de México.

.

4. Van den Broeke, A., De Cuyper, C., Kress, K., Stefanski, V., Škrlep, M., Čandek-Potokar, M., Maribo, H. y Millet, S. 2022. La importancia de la estrategia de castración de los cerdos en la huella de carbono del consumo de alimento. Animal 16(12):100669.
5. Zamaratskaia, G. y Rasmussen, M. K. 2015. Immunocastration of male pigs -- situation today. Procedia Food Science 5:324-327.

SECCIÓN 2

Biotecnología, biología celular y genómica



“OVINOS EN PASTOREO” / *Edgar Iván González Jiménez*

BACTERIOMA DEL MURCIÉLAGO *Tadarida brasiliensis* DEL SANTUARIO DE LOS MURCIÉLAGOS DE SANTA EULALIA, CHIHUAHUA, MÉXICO.

Israel Castillo-Jiménez[1*], Edith Rojas-Anaya[2], Sergio Dionisio Luevano-Gurrola[1], Francisco Joel Jahuey-Martínez[1], Ismael Ortíz-Aguirre[1], Román González-Escobedo[1].
[1]UACH, [2]INIFAP.

*Autor para correspondencia: isrl.casti@gmail.com

Palabras clave. Quirópteros, bacterioma, 16s rRNA

Introducción

Hallazgos recientes evidencian qué en quirópteros el bacterioma posee una compleja relación e influencia en la regulación de múltiples procesos vitales cómo la digestión y nutrición, la respuesta inmune, la tolerancia a eventos medioambientales extremos y la capacidad de hibernación, por señalar algunos ejemplos. El Santuario de los Murciélagos de Santa Eulalia ubicado en el estado de Chihuahua, es un Sitio de Importancia para la Conservación de los Murciélagos (SICOM) de reciente reconocimiento por la Red Latinoamericana y del Caribe para la Conservación de los Murciélagos (RELCOM) (Mayo, 2025) que es habitado por al menos cinco especies de murciélagos, entre las cuales se encuentra *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy St.-Hilaire, 1824). La extensa red de túneles de la mina alberga a una de las colonias más numerosa e importante registrada para la especie en el noroeste de México. *T. brasiliensis* es un murciélago insectívoro de distribución continental que destaca por los invaluables servicios ecosistémicos y beneficios socioeconómicos que sus colonias brindan al regular las poblaciones de artrópodos en los ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México y sur de Estados Unidos. La literatura científica, sobre *T. brasiliensis* es extensa, y abarca una amplia gama de tópicos de distintas disciplinas; sin embargo, no existen registros de estudios que aporten información descriptiva del bacterioma de esta especie. Por lo que se planteó como objetivo dilucidar el bacterioma de *T. brasiliensis*, mediante la descripción de la diversidad y composición de las comunidades bacterianas presentes, en las vías aéreas superiores y región rectal del tubo digestivo de individuos capturados en el Santuario de los Murciélagos de Santa Eulalia, por métodos metagenómicos.

Materiales y métodos.

El proyecto se llevó a cabo bajo el amparo de la licencia de colecta científica en materia vida silvestre “SPARN/DGVS/11298/24. Los individuos de la especie *T. brasiliensis* se capturaron en el interior de la mina abandonada de Bustillos, municipio de Aquiles Serdán, estado de Chihuahua, México; ubicada en las coordenadas UTM de referencia 415803 longitud Este, 3164863 latitud Norte de la Zona 13-Norte, a una altitud de 1990 msnm. La captura de los individuos se realizó mediante redes de niebla colocadas a la entrada del socavón de la mina de 18:00-23:00hr. Se capturaron 21 hembras no gestantes y no lactantes. La determinación taxonómica se llevó a cabo *in situ* según criterios morfológicos. La captura y manipulación de los organismos se apegó a los criterios de la Sociedad Americana de Mastozoología y a protocolos de bioseguridad y bienestar animal. De los individuos capturados se midieron variables morfométricas (masa, longitudes de antebrazo, pata, oreja, trago y total) y se obtuvieron muestras biológicas de hisopados nasofaríngeos y rectales mantenidas en medio MEM a 4°C hasta su uso. La extracción de ácidos nucleicos se realizó con el FavorPrep Viral DNA/RNA Kit® (Favorgen). La cuantificación del ADN se realizó por espectrofotometría y la secuenciación del ADN extraído se realizó en plataforma Miseq® System Illumina (Laboratorio de Biotecnología Animal-CBG, IPN). El protocolo de obtención de secuencias se llevó a cabo por medio de la amplificación por PCR de fragmentos de 492 pb del gen 16S rRNA, que abarcó 190 pb del extremo 3´ de la región V2-V3 y 302 pb del extremo 3´ de la región V3-V4. Las bibliotecas genómicas se construyeron con el paquete comercial N® XT DNA Library Preparation Kit. El análisis de calidad y trimming se realizó con FastQC v0.12.1, Sickle v1.33, Cutadapt v5.0 y MultiQC v1.12. El agrupamiento de secuencias y asignación taxonómica se realizó por medio del análisis de las variantes de secuencias de amplicón exactas (ASVs por sus siglas en inglés), el Algoritmo Divisivo de Eliminación de Ruido (DADA por sus siglas en inglés), un clasificador bayesiano (The Ribosomal Database Project) y la base de datos de referencia Silva v.138.2. El análisis estadístico prospectivo, la estimación de las métricas de diversidad alfa (riqueza observada, Shannon, Simpson y Chao1) y beta (Jaccard y Bray-Curtis), pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), homocedasticidad (Levene, PERMDISP), de diferencias entre grupos (t-Test, Wilcoxon-

Mann-Whitney, PERMANOVA y ANCOM-BC) y visualización gráfica (Diagrama de Venn y PCoA) se efectuaron en el entorno R v.4.4.3 con los paquetes phyloseq, microbiome v.1.30.0, microViz v.0.12.7, ALDEx2 v.1.40.0, vegan v2.6-10, BiodiversityR v.2.17-2 ANCOMBC v.2.10.0, ggplot2 v.3.5.2,y stats4 v.4.4.0.

Resultados y discusión

La masa de los especímenes fue de 11.3 g (±1.4), la longitud del trago 3 mm (±1.3), longitud de oreja 10.7 mm (±1.08), longitud de pata 6.6 mm (±0.6), longitud de antebrazo 43.3 mm (±1.2), y la longitud total de 96.3 mm (±3.4). Las variables masa (P=0.0731), antebrazo (P=0.2901), pata (P=0.1457) y oreja (P=0.1282) se ajustan a una distribución normal, en tanto que, la longitud total (P=0.0008) y trago (P<0.0001) presentan un comportamiento no paramétrico. Los valores son consistentes con lo publicado por (Kenneth, 1989). De las muestras orofaríngeas se extrajeron en promedio 4.6 ng/µl (±2.06) y 7.2 ng/µl (±2.9) de las rectales; mientras qué, el índice de relación espectrofotométrico 260/280 fue de 2.05 (±0.35) y 2.09 (±0.34) respectivamente, valores acordes a los estándares sugeridos por el servicio de secuenciación. De la amplificación y secuenciación se generó un total de 1,003,488 lecturas (603,268 rectales y 400,220 orofaríngeas), sin diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos (P=0.6513). Un total de 54,920 lecturas se ajustaron a los criterios de calidad y longitud, las cuales se agruparon en 514 ASVs, asignadas taxonómicamente en 30 Phyla, 48 Clases, 88 Ordenes, 150 Familias y 245 Generos. En la orofaringe se detectaron 19 Phyla y 16 en el recto, concentrándose en ambos casos >90% de las abundancias en los taxa Pseudomonadota, Bacillota, Fusobacteriota, Actinomycetota, Bacteroidota Amophea, Spirochaetota y Planctomycetota (Figura 1.A). A nivel Genero, se clasificaron 82 taxa en la orofaríngе (con ~90% de las abundancias concentradas en Sedis_892, Achromobacter, Niallia, Streptobacillus, Incertae Sedis_829, Incertae Strptococcus, Pasteurella y Bergeyella) y 211 en el recto (con el 65.18% de abundancias concentradas en Achromobacter, Mycobacterium, Incertae Sedis_829, Corynebacterium, Brevinema, Rhodococcus, Choanozoa, Ruania, Rubellimicrobium, Porphyromonas, Clostridium y Virgibacillus) (Figura 1.B). Esto es consistente con lo detectado en otras once especies insectívoras, en cuyos tractos digestivos coincide la presencia de los *Phyla* Pseudomonadota, Bacillota, Bacteroidota y Fusubacteriota como los taxa de mayores proporciones. A nivel Genero existe una mayor variación entre las abundancias relativas en los murciélagos estudiados, sin embargo, existen grupos compartidos que consistentemente se presentan entre las comunidades bacterianas (Pasteurella, Weisella, Mycobacterium, Mycoplasma, Acinetobacter, Serratia, Ureoplasma, Bartonella, Clostridium, Lactobacillus; Faecalibacterium, Lactococcus, Enterococcus, Fusobacterium, Proteus, Enterobacter, Latilactobacillus, Morganella y Lachnospira).

La información sugiere una mayor riqueza alfa en la región rectal respecto a la orofaríngea (riqueza observada (p=0.0279), Shannon (p=0.043), Simpson (p=0.52) y Chao1 (p=0.0955)). El análisis comparativo entre las regiones anatómicas sugiere diferencias entre ambos grupos (por Jaccard p=0.001 y F=3.19, por Bray-Curtis p=0.004 y F= 4.71). El ANCOM-BC determinó que las familias Mycobacteriaceae, Nocardiaceae, Paracoccaceae, Streptococcaceae, Clostridiaceae, Streptococcaceae, Halococcaceae, Balneolaceae, Dermacoccaceae, Propionibacteriaceae, Planococcaceae, Saccharimonadaceae, Flabellinia, Rhodanobacteraceae, Frankiaceae, Mycoplasmataceae, Rhizobiaceae, Brevinemataceae, Ruaniaceae son más abundantes en la región rectal (q-val <0.001), y en la región orofaríngea lo son Porphyromonadaceae, Pasteurellaceae, Cellvibrionaceae, Bacillaceae, Erwiniaceae, Dermabacteraceae, Bradymonadaceae, Ruminococcaceae, Micrococcaceae, Neisseriaceae, Campylobacteraceae, Fusobacteriaceae, Methylopilaceae y Yersiniaceae (q-val <0.001). Ambas regiones comparten el 18.8% de Generos (Figura 1.C). Los grupos detectados se han vinculado al metabolismo de carbohidratos, de lípidos, energético, de cofactores y vitaminas, de terpenoides y policétidos; a procesos como la muerte y crecimiento celular, el procesamiento de información genética y en la regulación del sistema endócrino e inmune. Así mismo, las diferencias entre las comunidades bacterianas de las regiones anatómicas son similares a lo observado en otros quirópteros insectívoros y frugívoros (Dai et al., 2024; Popov et al., 2023).

.

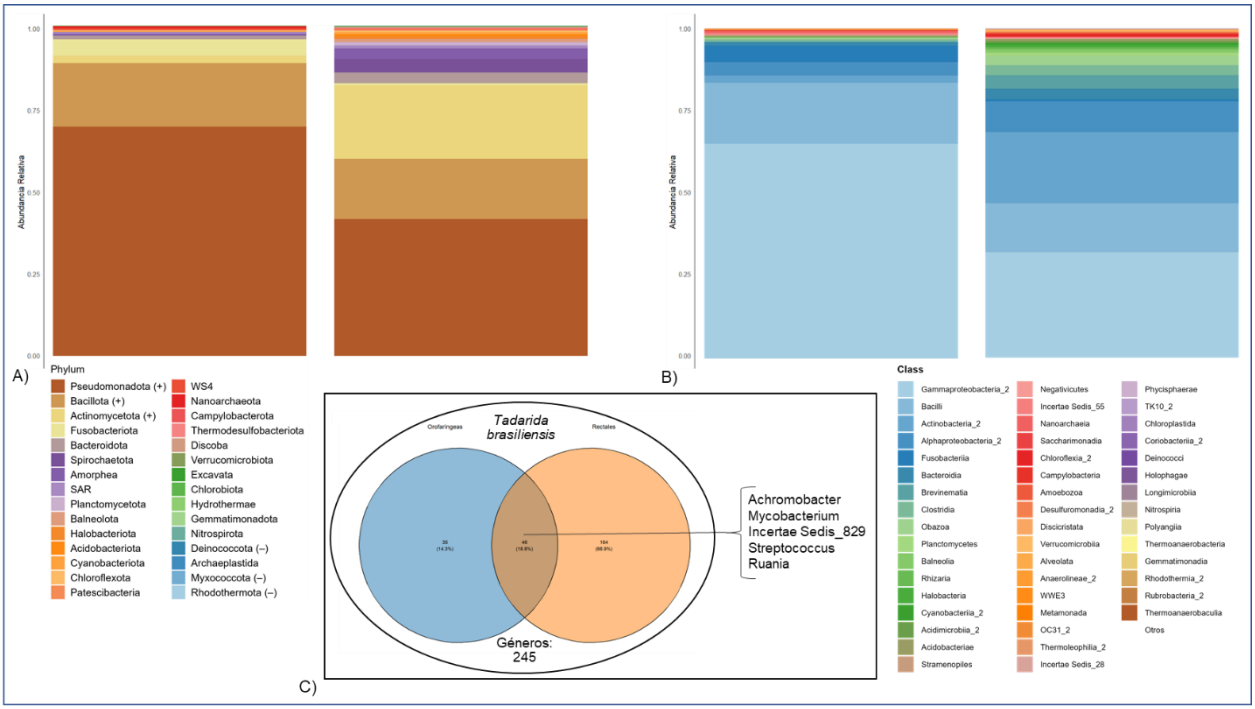


Figura 1. A) Distribución de abundancias relativas a nivel Filo para las regiones orofaríngea y rectal. B) Abundancias relativas por Genero en muestras rectales y nasofaríngeas. C) Diagrama de Venn para la asociación de Generos entre dos regiones anatómicas de *T. brasiliensis*.

Conclusiones

Los taxa son consistentes con lo descrito en otras especies de quirópteros insectívoros, lo que respalda la hipótesis de bacteriomas tipo asociados al hábito alimenticio. Las comunidades bacterianas poseen una composición distinta, con abundancias ligeramente mayores en el recto en términos absolutos, sin ser estadísticamente significativas entre individuos. Existen 23 Familias más abundantes en el recto y 16 en orofaringe. Ambas regiones anatómicas comparten 46 Generos (18.8%).

Agradecimientos y fuente financiadora

El proyecto se realizó con el apoyo de la Universidad Autónoma de Chihuahua, la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti) y la Bat Conservation International.

Referencias bibliográficas

1. Dai, W., Leng, H., Li, J., Li, A., Li, Z., Zhu, Y., Li, X., & Jin, L. (2024). The role of host traits and geography in shaping the gut microbiome of insectivorous bats. *Environmental Microbiology* |, *9*(4).
2. Kenneth, W. (1989). *Tadarida brasiliensis The American Society of Mammologists*, *331*, 1-10. https://doi.org/10.2307/3504148/2600634
3. Popov, I. V., Popov, I. V., Krikunova, A. A., Lipilkina, T. A., Derezina, T. N., Chikindas, M. L., Venema, K., & Ermakov, A. M. (2023). Gut Microbiota Composition of Insectivorous Synanthropic and Fructivorous Zoo Bats: A Direct Metagenomic Comparison. *Int J Mol Sci*, *24*(24). https://doi.org/10.3390/ijms242417301

DESARROLLO DE LA PRUEBA DE ELISA INDIRECTA A PARTIR DE LA PROTEÍNA RECOMBINANTE P30 COMO ALTERNATIVA EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DEL VIRUS DE PESTE PORCINA AFRICANA.

José Bryan García-Cambrón[1]*; Julieta Sandra Cuevas-Romero[2]; José Luis Cerriteño-Sánchez[2]. Llilianne Ganges[3], Adriana Muñoz-Aguilera[4]

[1]Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I); [2]Laboratorio de virología II, CENID-SAI, INIFAP; [3]IRTA, Animal Health, Centre de Recerca en Sanitat Animal (CReSA), Campus de la Universitat Autònoma de Barcelona Spain; [4]Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá 110911, Colombia.

*Autor para correspondencia: tlcbioexp@gmail.com

Palabras clave: p30; recombinante, diagnóstico

Introducción

La Peste Porcina Africana (PPA) es una enfermedad viral altamente infecciosa aguda, grave y hemorrágica que afecta a cerdos domésticos y silvestres, el agente etiológico es el virus de la peste porcina africana (vPPA), el cual es sumamente complejo ya que se compone de más de 90 proteínas estructurales. El vPPA apareció por primera vez en África en poblaciones de cerdos salvajes y rápidamente se propagó por todo el continente, posteriormente se presentan brotes en Europa y Asia. La PPA se ha caracterizado como la enfermedad más devastadora de todos los tiempos para la industria porcícola. Recientemente, se reportó un brote en República Dominicana y Haití (2021), lo cual representa una alerta sanitaria en todo el continente americano por la inminente amenaza que esto representa para todos los países, incluido México. Es por ello, que se requiere desarrollar tecnología propia para estar preparados frente alguna situación de emergencia, en caso de la presencia de posibles brotes de la enfermedad. El objetivo de este trabajo es desarrollar y caracterizar un ELISA indirecto basado en la proteína recombinante p30 del vPPA como un sistema diagnóstico en etapas temprana de la infección con el virus de PPA en México factible de ser utilizado en laboratorios con bioseguridad nivel 2 (BSL 2).

Materiales y métodos

El marco de lectura codificante para la proteína truncada p30 fue analizado *in silico* para conocer su relación filogenética, estructura proteínica y características antigénicas. El gen codificante a la proteína p30 del vPPA (obtenido en el IRTA-CRESA, España) fue usado para obtener el marco de lectura (606 pb) codificante para la proteína truncada p30 (ASF-p72t) mediante primer's específicos. Los amplicones correspondientes fueron ligados en el vector de expresión pET-SUMO y clonados en el sistema de expresión de *E. coli* BL21/DE3. La proteína recombinante fue obtenida en forma de cuerpos de inclusión, solubilizada y purificada en un solo paso mediante cromatografía de afinidad (IMAC). La proteína fue evaluada *in vivo* mediante inmunización en ratones de la cepa CF-1, clasificados en los siguientes grupos: grupo 1 (PBS); grupo 2 (ASF-p30 + PBS); grupo 3 (ASF-p30 + Matrix-M™). Los ratones fueron inmunizados durante 35 días usando dos dosis por grupo con diferencia de 14 días entre dosis. Se recolectaron muestras de suero cada 7 días y se realizó una iELISA para evaluar la respuesta humoral.

Una ELISA indirecta (iELISA) fue estandarizada usando la ASF-p30 y validada mediante el uso de muestras de sueros de cerdos de referencia positivos y negativos a PPA (sueros obtenidos y evaluados en el IRTA-CRESA, España). Placas de 96 pozos fueron antigenada con ASF-p30 para estandarización de la prueba. Muestras de sueros diluidos (1:50; 1:75; 1:100; 1:200) positivos y negativos de cerdos a PPA fueron usados e incubados en la placa antigenada. Un anticuerpo peroxidado fue usado para revelar la placa, usando TMB como agente cromogénico. La prueba de inmunoperoxidasa (IPT) fue ocupada como "prueba de oro" de acuerdo a lo establecido por la OIE para calcular la sensibilidad y especificidad de la iELISA.

Resultados y discusión

Los análisis *in silico* mostraron una estrecha relación entre la secuencia de referencia empleada (Georgia 2007) y las secuencias comparadas de aislados representativos de los brotes de PPA. A partir del análisis *in silico* se observó elevada hidrofobicidad y epítopos inmunogénicos en la secuencia de la proteína. Se determinó una temperatura óptima de reacción de 62°C para el gen CP204L (p30). Los análisis

estructurales y de antigenicidad de la ASF-p30 muestran que la estructura contiene altos índices de accesibilidad de superficie (índice de Emini), baja hidrofobicidad (índice de Kyte and Doolittle) y 10 sitios con capacidad antigénica, de los cuales 9 son altamente inmunogénicos (índice de antigenicidad Jameson-Wolf). Durante el proceso de purificación, se obtuvieron muestras en momentos específicos: no pegado, lavado y eluciones en serie. Dichas muestras fueron tratadas para realizar SDS-PAGE y western blot (Figura 1).

La producción de la recombinante purificada mostró una masa molecular de 42 kDa (etiqueta SUMO-incluida), la cual se obtuvo a partir de cuerpos de inclusión (**Figura 1**). Debido a esto, los análisis de iELISA empleados para la evaluación antigénica de la proteína mostraron que la recombinante produce altos niveles de anticuerpos en animales inmunizados, y que la respuesta es potenciada cuando se incluía un adyuvante (Matrix-M™), lo cual caracteriza dos cosas: gran capacidad para producir anticuerpos y la capacidad de estos para reconocer la recombinante.

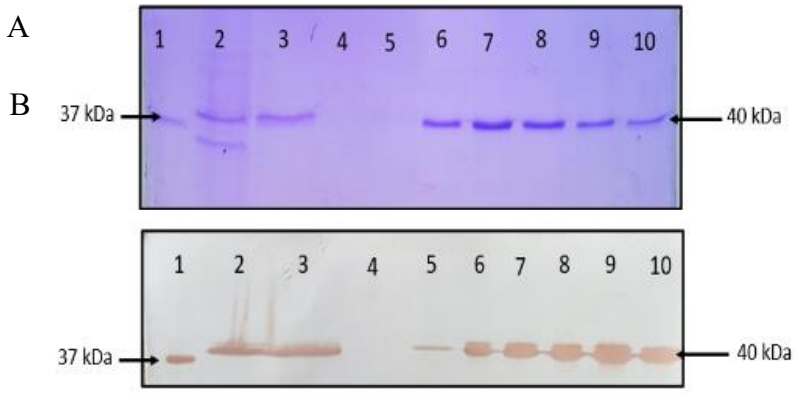
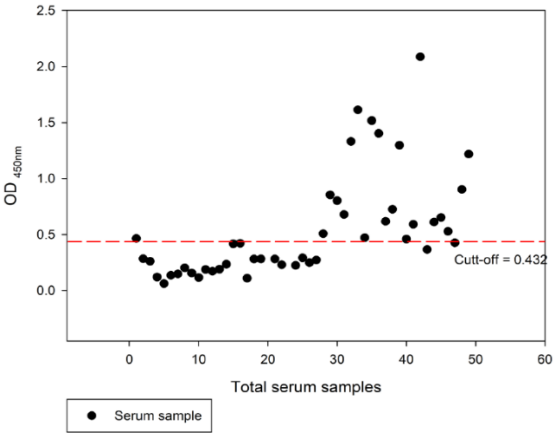


Figura 1. Purificación de p30. A-Tinción comassie. B-Western blot. 1-Control positivo (recombinante). 2-Expresión celular. 3-Cuerpos de inclusión. 4-No pegado. 5-Lavado. 6/10-Elución 1-5.

Los resultados obtenidos en el proceso de estandarización indicaron que las mejores condiciones para la iELISA fueron: antígeno 50 ng/pozo, dilución de suero 1:100, conjugado anti-pig HRP fue de 1: 20,000. El punto de corte establecido fue de 0.232 + 2 SD = 0.432, utilizando TMB como sustrato con un tiempo de lectura a 10 min. El análisis de los sueros de referencia evaluados en una tabla de contingencia 2x2, indicaron un porcentaje de sensibilidad del 95.65%, mientras que, el porcentaje de especificidad fue del 92.3%, y una concordancia K = 0.836 con respecto a la prueba confirmatoria de inmunoperoxidasa.

La evaluación estadística permitió determinar que la iELISA tenía una sensibilidad del 95.65% y una especificidad del 92.3%, el índice de especificidad resulto ser más alto, comparado con la prueba comercial de iELISA Svanova-ELISA (Svanovir ASFV-Ab; Boehringer Ingelheim Svanova, Uppsala, Sweden), que usa la proteína del vPPA (p30) y muestra una especificidad del 91.4%, lo cual sugiere que la prueba de iELISA desarrollada en este trabajo representa un gran avance para el desarrollo de pruebas de diagnóstico para la detección oportuno para PPA (**Figura 2**).

(A)



(B)

	IPT-Positive serum	IPT-Negative serum	Total
Positive serum	a (22)	b (2)	r = a+b (24)
Negative serum	c (1)	d (24)	s = c+d (25)
Total	t = a+c (23)	u = b+d (26)	N = a+b+c+d (49)
Sensitivity	$\%\,Sensitivity = \left[\frac{a\,(22)}{a\,(22)+c\,(1)}\right] * 100 = 95.6$		
Specificity	$\%\,Specificity = \left[\frac{d\,(24)}{b\,(2)+d\,(24)}\right] * 100 = 92.3$		
Kappa index	$Po = \frac{(22+24)}{49} = 0.918;\ Pe = \frac{(24*23)+(25*26)}{49^2} = 0.5;\ k = \frac{0.918-0.5}{1-0.5} = 0.836$		

Figura 2. Gráfica de dispersión de sueros analizados **(A)** con un valor de corte de 0.432 y tabla de contención 2x2 para la determinación de sensibilidad y especificidad **(B)**. Abreviación: IPT-inmunoperoxidasa.

Conclusiones

En conclusión, de acuerdo a nuestros resultados, la secuencia de la proteína recombinante PPA-p30 tiene un alto nivel de conservación cuando se compara con las secuencias notificadas de brotes recientes durante los últimos diez años en los países afectados. Se demostró que es una proteína viral de la PPA adecuada para expresarse con éxito en *E. coli* BL21/DE3 a partir de una fase insoluble (cuerpo de inclusión), para su uso en laboratorios BSL 2, que será una herramienta fundamental en la detección oportuna de la PPA en México, debido a la amenaza latente que existe en América.

Agradecimientos y fuente financiadora

Esta investigación fue financiada por el Proyecto PROCINORTE “Capacity building for ASF diagnostics in Mexico: generations for reagents required for serological assays “: No. SIGI: 154626612.2023, INIFAP-CENID-SAI SIGI 154626612. José Bryan García-Cambrón agradece la beca otorgada por SECIHTI (CVU: 992190). Parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (referencia de subvención PID2022-136312OB - I00 a FR).

Referencias bibliográficas

1. Sánchez-Cordón, P. J.; Montoya, M.; Reis, A. L., & Dixon, L. K. African swine fever: A re-emerging viral disease threatening the global pig industry. Veterinary journal, 2018, 233, 41–48. https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.12.025
2. Dixon, L.K.; Escribano, J.M.; Martins, C.; Rock, D.L.; Salas, M.L.; Wilkinson, P.J. Asfarviridae. In Virus Taxonomy, VIIIth Report of the ICTV; Fauquet, C.M., Mayo, M.A., Maniloff, J., Desselberger, U., Ball, L.A., Eds.; Elsevier/Academic Press: London, UK, 2005; pp. 135–143.
3. Alejo, A.; Matamoros, T.; Guerra, M.; Andres, G. A proteomic atlas of the african swine fever virus particle. J. Virol, 2018, 92, e01293-18. https://doi.org/10.1128/JVI.01293-18
4. Gallardo, M.C.; Reoyo, A.T.; Fernández-Pinero, J.; Iglesias, I.; Muñoz, M.J.; Arias, M.L. African swine fever: a global view of the current challenge. Porcine Health Manag, 2015, 1(21). doi: 10.1186/s40813-015-0013
5. Muzykina, L.; Barrado-Gil, L.; Gonzalez-Bulnes, A.; Crespo-Piazuelo, D.; Cerón, J. J.; Alonso, C.; & Montoya, M. Overview of Modern Commercial Kits for Laboratory Diagnosis of African Swine Fever and Swine Influenza A Viruses. Viruses, 2024, 16(4), 505. https://doi.org/10.3390/v16040505

INHIBICIÓN DE LA REPLICACIÓN DEL *ORTHORUBULAVIRUS SUIS* EN CULTIVOS CELULARES POR CURCUMINA, RESVERATROL Y ÁCIDO GLICIRRICÍNICO.

Guadalupe Asunción Socci-Escatel[1]*, José Luis Cerriteño-Sánchez[1]; José Bryan García-Cambrón[2]; Julieta Sandra Cuevas-Romero[1].

[1]Laboratorio de Epizootiología, CENID-SAI, INIFAP. [2]Posgrado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I).

*Autor para correspondencia: socci.guadalupe@inifap.gob.mx; cerriteno.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Orthorubulavirus, resveratrol, curcumina, ácido glicirricínico.

Introducción

La Enfermedad del Ojo Azul (EOA) de los cerdos es una infección viral causada por el *Orthorubulavirus suis,* también llamado virus de La Piedad Michoacán (vLPM), la cual es caracterizada por trastornos neurológicos, respiratorios y reproductivos, acompañados por una opacidad corneal que caracteriza la presencia de la patología. El porcentaje de mortalidad varía de un 87 a un 90% y la morbilidad de un 20 a un 50% (Stephan *et al*., 1988). Recientes estudios indican que estados como Veracruz, Morelos, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, Jalisco, Michoacán y el Estado de México, presentan una amplia circulación del virus, siendo la zona centro y del Bajío la más activa (Lara-Romero *et al*., 2024). Debido a esto, es de suma importancia el estudio de este agente viral, así como de la búsqueda de herramientas para la prevención y control de esta enfermedad. En este contexto, se ha planteado el uso de metabolitos secundarios provenientes de plantas para su control. Metabolitos como el resveratrol, la curcumina y el ácido glicirricínico han mostrado efectos antivirales ante virus de gran interés que afectan la producción porcina. El uso de estos metabolitos podría generar efectos antivirales ante el vLPM, siendo favorecedor para el control de la EOA. Por esto, el objetivo del presente trabajo es evaluar la actividad antiviral del resveratrol (RV), curcumina (CU) y ácido glicirricínico (AG) contra el *Orthorubulavirus suis*.

Materiales y métodos

Los metabolitos secundarios fueron adquiridos comercialmente (resveratrol-Sigma® R5010; curcumina-Sigma® C1386; ácido glicirricínico-Sigma® 50531) de forma purificada (HPLC >95%) y almacenados de entre 4 y 0 °C hasta su uso. Células de la línea PK-15 (riñón de cerdo) fueron empleadas para la producción del banco viral del vLPM, cepa de Jalisco-2009. Células de la línea MDBK (riñón de bovino) fueron usadas para la evaluación de los efectos antivirales de los compuestos. Células de PK15 y MDBK fueron cultivadas con medio DMEM suplementado con 10% de suero fetal bovino (SFB), 37 °C, 5% de CO_2, 95% de humedad. Al alcanzar la confluencia deseada (>80%), células PK-15 fueron infectadas con 1 mL de vLPM y se mantuvieron durante 5 días en incubación a 37 °C, 2.5% SFB. El título viral fue evaluado mediante el ensayo de hemaglutinación.

La concentración citotóxica media (CC_{50}) de los compuestos CU, RV y AG fueron determinados mediante ensayos de MTT. Para la evaluación antiviral, fue empleado el ensayo de placas líticas (UFP) con diluciones seriadas del virus. Células de la línea MDBK fueron cultivadas hasta obtener una confluencia deseada (>80%), tripsinizadas y posteriormente fueron contadas en cámara de Neubauer, se colocaron 140,000 células por pozo en una placa de 24 pozos. La placa fue cultivada en medio DMEM con 5% SFB a 37 °C, 5% de CO_2, 95% de humedad durante 16 h. Después, la placa fue lavada con PBS e infectada (excluyendo los controles negativos) con vLPM en diluciones de 10^{-1} a 10^{-5} mezclada con concentraciones no citotóxicas de CU, RV y AG en un volumen de 200 uL de medio DMEM. Posteriormente, se dejó incubar durante 1 h a 37°C con movimientos suaves cada 15 min. Finalmente, se retiró la mezcla de virus + compuestos y se agregó medio DMEM, 2.5% SFB, con 0.6% de agarosa y se colocó 1 mL por pozo, se dejó incubar a 37 °C, 5% de CO_2, 95% de humedad durante 8 días. Una vez pasados los días, las células de las placas fueron fijadas con ácido tricloroacético al 10%, durante 2 horas, después se retiró la agarosa y el monoestrato fue teñido con cristal violeta al 0.1% en etanol al 20% durante 2 horas. Finalmente se contaron el número de UFP en cada pozo y fue comparado con los controles para determinar la actividad de los compuestos.

Resultados y discusión

Durante la incubación con el virus se evaluó la presencia de efectos citopáticos que confirmaran la infección viral por vLPM (**Figura 1**), además que los ensayos de hemaglutinación mostraron que los títulos virales producidos correspondían a 1:16, siendo suficiente para los posteriores ensayos.

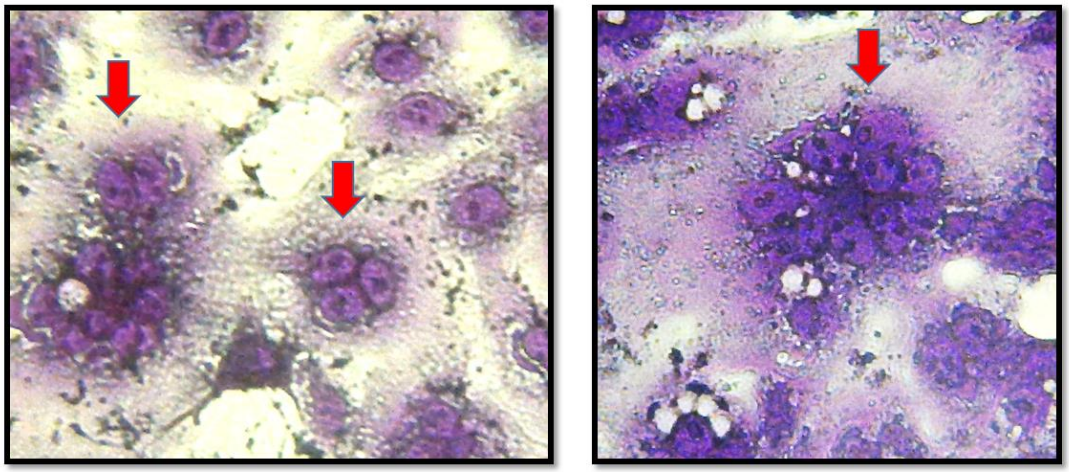


Figura 1. Efectos citopáticos en células MDBK (riñón de bovino) causados por la infección del vLPM. Las flechas rojas indican la formación de sincitios en los monoestratos.

Mediante MTT se determinó la CC_{50} para CU=200 µM, para RV=332 µM y para AG=1279 µM, que es la concentración a la cual los compuestos mantienen el 50% de la viabilidad celular, sin embargo, los ensayos de dilución mostraron que la concentración máxima de los compuestos que se puede usar para los ensayos es de 25 µM, ya que concentraciones superiores a esta generan daño y muerte celular, por lo que se pierde el monoestrato.

En los ensayos de placas líticas, las células infectadas con vLPM, mostraron UFP desde la dilución viral de 10^{-1} hasta 10^{-3}. Dado que la dilución 10^{-3} mostró un número de placas visibles de entre 10 y 100, se seleccionó como dilución base para el análisis de placas con los tratamientos de los compuestos. Particularmente, el ácido glicirricínico a 25 µM mostró una completa inhibición del virus y en los ensayos de placas líticas de células infectadas y tratadas con los compuestos, se observó una notable reducción de UFP a 25 µM, destacando nuevamente al ácido glicirricínico como el compuesto que mostró una notable inhibición viral, dado que no se observó formación de placas líticas (**Figura 2**).

Al igual que en este trabajo, los compuestos de AG, RV y CU, han sido ampliamente usados contra virus que afectan a los cerdos, con resultados prometedores en el desarrollo de compuestos antivirales (Zhao, 2017; Du, 2017). Sin embargo, hasta la fecha no se habían probado contra el vLPM, por lo que este trabajo representa el primer estudio relacionado con la capacidad antiviral de metabolitos secundarios derivados de plantas que puedan tener efecto sobre la enfermedad del ojo azul de los cerdos (EOA).

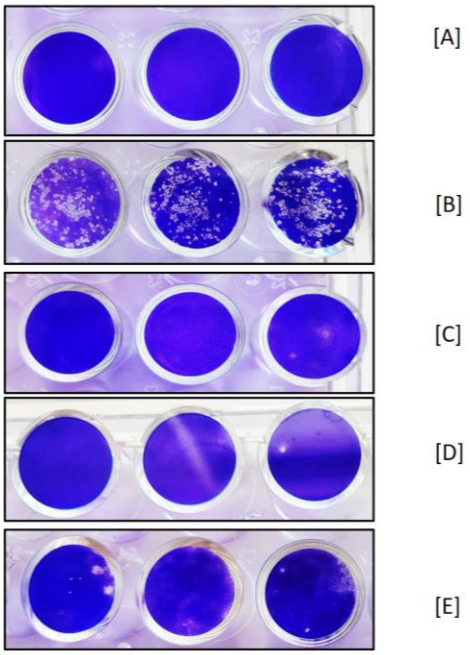


Figura 2. Ensayo de inhibición viral en placas líticas. [A] control negativo; [B] control positivo (células infectadas con vLPM); [C] células infectadas tratadas con ácido glicirricínico; [D] células infectadas tratadas con resveratrol; [E] células infectadas tratadas con curcumina.

Conclusión

Los tres compuestos usados en este experimento mostraron inhibición viral a bajas concentraciones, siendo el ácido glicirricínico el agente con mayor capacidad de inhibición ante la presencia de vLPM. El resveratrol, la curcumina y el ácido glicirricínico han sido ampliamente usados en la alimentación y la cosmética, por lo que su aplicación en la salud ha sido planteada, lo cual ha llevado a distintas evaluaciones, probando en múltiples ocasiones los efectos anti-microbianos y anti-virales de estos. En este trabajo, este tipo de ensayos destacan el papel de estos agentes químicos como agentes virales, lo que plantea la posibilidad de que sean usados como agentes terapéuticos ante la patología de EOA.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo ha sido financiado por "Proyectos fiscales: Evaluación de compuestos inmunomoduladores y compuestos antivirales para el tratamiento de la enfermedad del ojo azul porcino" [no. 2192136578] del CENID-SAI/INIFAP, Ciudad de México, México. José Bryan García-Cambrón recibe una beca otorgada por el SECIHTI (CVU: 992190).

Referencias bibliográficas

1. Stephan, H. A. (1988). Encephalomyelitis, reproductive failure and corneal opacity (blue eye) in pigs, associated with a paramyxovirus infection. *The Veterinary Record, 122* (1), 6-10. doi:https://doi.org/10.1136/vr.122.1.6.
2. Lara-Romero, R., Cerriteño-Sánchez, J. L., Castañeda-Montes, M. A., Ramírez-Mendoza, H., & Cuevas-Romero, J. S. (2024). Seroepidemiology for Orthorubulavirus suis in Mexican pigs by development of an indirect ELISA based on a recombinant NP protein. *Pathogens, 13*(12), 1135. doi: https://doi.org/10.3390/pathogens13121135.
3. Zhao, X. C. (2017). Antiviral properties of resveratrol against pseudorabies virus are associated with the inhibition of IκB kinase activation. *Scientific Reports, 7*(1), 8782. Obtenido de https://www.nature.com/articles/s41598-017-09365-0.
4. Du, T. S. (2017). Curcumin is a promising inhibitor of genotype 2 porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection. BMC veterinary research, 13, 1-9. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1186/s12917-017-1218-x.

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE EXPRESIÓN RECOMBINANTE PARA LA PROTEÍNA N Y S DE *CORONAVIRUS* (SARS-COV2).

Roxana Pastrana-Unzueta[1]*; José Luis Cerriteño-Sánchez[2], Julieta Sandra Cuevas-Romero[2], Gerardo Blancas-Flores[3]

[1]Posgrado en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAM-I). [2]Laboratorio de Epizootiología, CENID-SAI, INIFAP. [3] Laboratorio de Farmacología, Departamento de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

*Autor para correspondencia: quimicaroxana@hotmail.com; cerriteno.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: COVID-19, proteína recombinante, SARS-CoV2.

Introducción

El brote de COVID-19, una de las pandemias más catastróficas del siglo, tuvo su origen en China en diciembre de 2019. Su propagación local y posterior expansión mundial alcanzaron rápidamente niveles alarmantes, lo que llevó a que fuera declarada una "Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional" en menos de un mes. Para el 2020, se había convertido en la tercera causa de mortalidad a nivel mundial y la segunda en el 2021, un periodo durante el cual se perdieron aproximadamente 13 millones de vidas, según los últimos reportes de la OMS (Escudero et al., 2020; WHO, 2024). El impacto global de la pandemia de COVID-19 ha resaltado la importancia de comprender a fondo las características y comportamiento de los coronavirus, hasta el momento se han identificado siete coronavirus capaces de infectar a los seres humanos. El diseño, producción y desarrollo de proteínas sintéticas han demostrado ser herramientas de suma importancia en la lucha contra el SARS-CoV2 y otros patógenos. Esta tecnología ha permitido avances rápidos en la creación de diagnósticos, terapias y vacunas, proporcionando recursos clave para el control de brotes de diferentes enfermedades. *Escherichia coli* (*E. coli*) es uno de los sistemas de expresión más comunes para producir proteínas recombinantes destacándose por su rápido crecimiento en medios simples y su capacidad para alcanzar altos niveles de producción, ofrece altos niveles de expresión, facilidad en la manipulación genética y rentabilidad (Lara, 2011). Debido a esto, el objetivo general de este estudio es producir las proteínas recombinantes N y S del SARS-CoV2, en un sistema de expresión procarionte de bajo coste. Estas herramientas podrían ser útiles en un futuro para la detección temprana de anticuerpos específicos en pacientes con COVID-19, especialmente en casos asintomáticos que pasan desapercibidos o pacientes de alto riesgo que, debido a una detección tardía, retrasan su atención médica. Ambos factores pueden desempeñar un papel importante en la propagación del virus en un futuro.

Materiales y métodos

EL cDNA proveniente de una muestra de un paciente positivo a COVID-19 obtenida en 2020 fue proporcionada por el laboratorio de Química de la UNAM, para el desarrollo del proyecto. Posteriormente, se amplificaron mediante PCR punto final, los ORF de las proteínas N (1260 pb) y S (970 pb) de SARS-CoV2 usando oligos específicos Fw 5' ATGTCTGATAATGGACCCCAAAATC ´3, Rv 5‘ TTAGGCCTGAGTTGAGTCAG ´3 para la proteína N y Fw 5' GTT TTA TTG CCA CTA GTC TC 3', Rv 5'ctactaTGTAATATTAGGAAATCTAAC 3' para la proteína S y los productos de amplificación fueron purificados a partir de reacción. Después, se llevó a cabo la ligación de los genes S y N en el vector de resguardo de pJET1.2/Blunt y posteriormente se subclonó en el vector de expresión pET-SUMO, finalmente los plásmidos de expresión fueron denominados pETSUMO-N-SARSCoV2 y pETSUMO-S-SARSCoV2. Células competentes de *E. coli* fueron preparadas mediante cloruro de calcio y magnesio y fueron transformadas con los vectores mediante choque térmico, posteriormente, las colonias fueron seleccionadas en medio Agar-LB con su antibiótico correspondiente (Ampicilina/kanamicina). Para el reguardo y propagación de los plásmidos, se usó la cepa Top10 y para la expresión de las proteínas recombinantes, se usó la cepa BL21/DE3, finalmente las cepas productoras fueron denominadas BL21-S-SARSCoV2 y BL21-N- SARSCoV2. Para la expresión las cepas productoras fueron crecidas en medio LB comenzando a 0.1 UA a 600 nm a partir de un precultivo fresco y se dejaron crecer a 37°C, 250 rpm hasta

alcanzar 0.5 UA, momento en el cual fueron inducidas con IPTG 1.5 mM durante 16 horas a 37°C, 250 rpm.
Después de la inducción, se tomaron muestras para analizarlas mediante SDS-PAGE y Western blot utilizando anticuerpos específicos anti-6his. La presencia de las proteínas fue confirmada por una señal específica a 53 kDa (proteína S) y 60 kDa (proteína N).

Resultados y discusión

Los genes se lograron amplificar de manera exitosa obteniendo productos del tamaño esperado (970 pb y 1260 pb) a partir de la muestra de cDNA de un paciente infectado **(Figura 1)**, no se observó la presencia de productos inespecíficos y en los controles negativos no se observó presencia de bandas inespecíficas. Una vez obtenidos los genes de las proteínas N y S, fueron adecuadamente clonados en el vector de resguardo PJET1.2/blunt para su resguardo en el laboratorio.

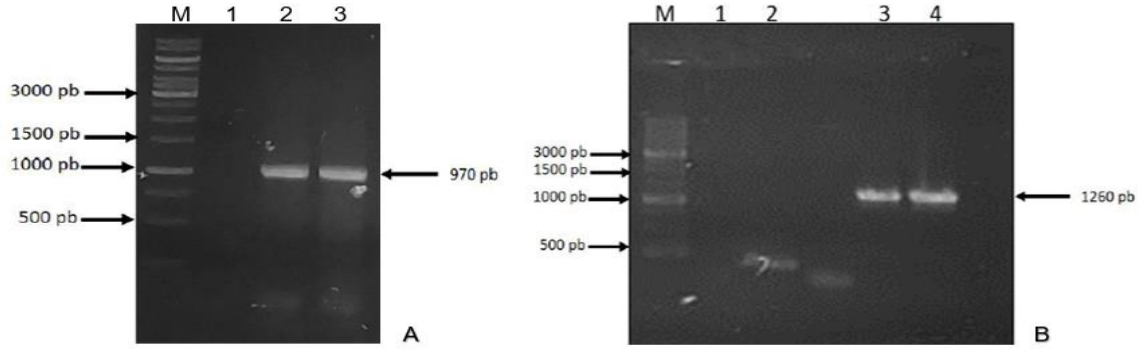


Figura 1. **Amplificación del gen S y N de SARS-CoV2.** [A] Electroforesis en gel de agarosa de la proteína S y [B] la proteína N. M) Marcador de peso molecular, 1) control negativo, 2-4) amplificación a partir de las muestras de cDNA de SARS-CoV2.

Una vez obtenidos los genes de S y N, se llevó a cabo una sub clonación en el vector de expresión PETSUMO y se caracterizaron mediante PCR para determinar si se encontraban en fase con el vector de expresión, para lo cual se utilizaron oligos que hibridan dentro del vector de expresión y el gen clonado, cual aumenta su peso en aproximadamente 100 pb (**Figura 2**).

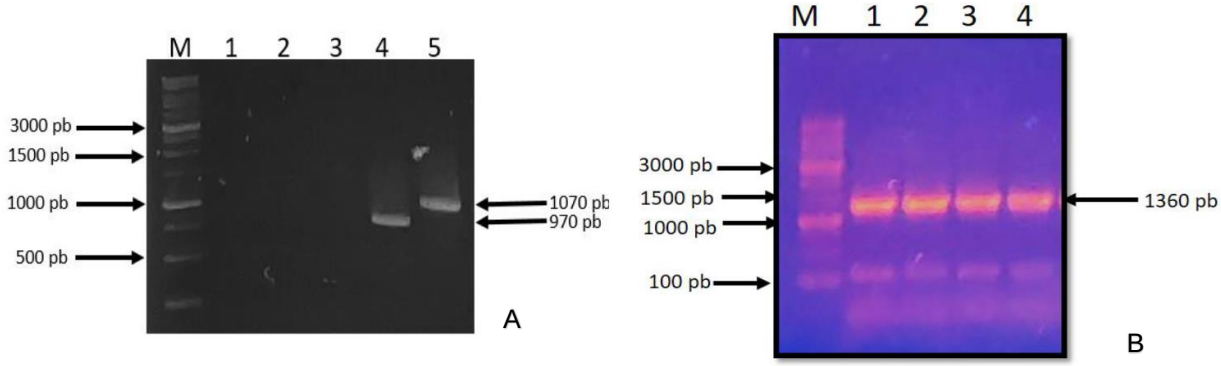


Figura 2. **Amplificación del gen S y N en los plásmidos de expresión pETSUMO**. [A] Amplificación de la proteína S (1070 pb) en fase con el vector pETSUMO-S-SARSCoV2 y [B] amplificación de la proteína N (1360 pb) en fase con el vector pETSUMO-N-SARSCoV2. M) marcador de peso molecular, 1-4) plásmidos analizados para verificar su orientación.

Como se puede observar en la figura anterior, se obtuvieron plásmidos recombinantes en fase con el vector de expresión, debido a que amplificaron el producto esperado de 1070 y 1360 pb. Una vez obtenidos y caracterizados los plásmidos de expresión, se procedió a transformar la cepa de expresión BL21/DE3, generado las cepas sobreproductoras BL21-S- SARSCoV2 y BL21-N- SARSCoV2, que fueron llevadas a expresión y se corroboró la presencia de la proteína S al peso molecular esperado de 53 kDa y la proteína N al peso de 60 kDa mediante Western blot con una señal específica usando anticuerpos anti his (**Figura 3**).

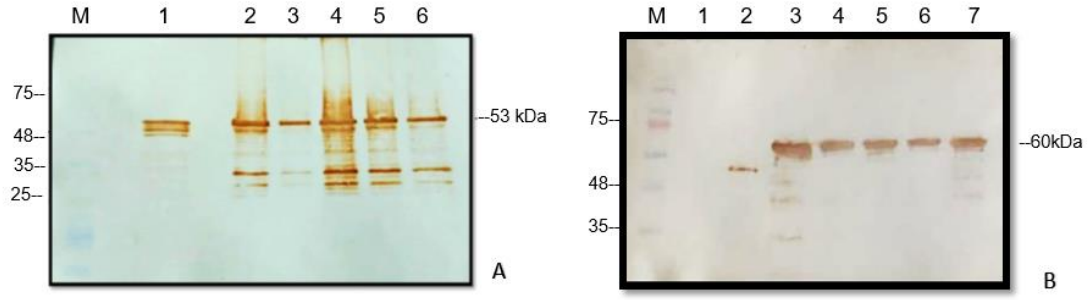


Figura 3. **Expresión de la proteína S y N de SARS-CoV2 en Western Blot**. [A] Expresión de la cepa BL21-S-SARSCoV2 y [B] BL21-N-SARSCoV2. 1) control negativo que corresponde a la cepa sin transformar, 2) control positivo de expresión BL21-p72 que produce una proteína recombinante, 2-6) diversas clonas analizadas de las cepas productoras.

Como se puede observar en la figura anterior, se obtuvieron cepas productoras de ambas proteínas, con una proteína recombinante al peso molecular esperado para el gen clonado de S de 53 kDa y una proteína de 60 kDa para la proteína N, que dieron una señal específica en todas las colonias analizadas utilizando el anticuerpo anti 6 his. En los controles negativos y positivos se obtuvo el resultado esperado, confirmado la especificidad de la prueba. Al igual que en este trabajo, el sistema de expresión PETSUMO, ha sido utilizado para generar proteínas recombinantes virales que han tenido características similares a las nativas y que pueden ser utilizadas en el desarrollo de sistemas diagnósticos eficientes para la enfermedad (Lara-Romero et al., 2022).

Conclusión

En este trabajo se lograron obtener satisfactoriamente dos sistemas de expresión recombinantes de las proteínas N y S del virus del SARS-CoV2 y la producción de las proteínas fue exitosamente corroborada, en la cepa de expresión de *E coli*. Éste es el primer trabajo de producción de proteínas recombinantes de COVID19 en el sistema pETSUMO. Este trabajo tiene el potencial de contribuir a investigaciones futuras dirigidas a desarrollar herramientas valiosas para el monitoreo y control de la enfermedad.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue llevado a cabo en las instalaciones del laboratorio de Epizootilogía del CENID-SAI, sede Palo Alto. Se agradece la asistencia técnica de C. Elian Rubid Gutiérrez Conde y Enríquez Suárez Ingrid.

Referencias bibliográficas

1. Antigens of Nucleoprotein and Matrix Proteins of *Porcine orthorubulavirus:* Antigenicity and Structural Prediction. *Viruses* **2022**, *14*, 1946. https://doi.org/10.3390/v14091946
2. Gorkhali, R., Koirala, P., Rijal, S., Mainali, A., Baral, A., & Bhattarai, H. K. (2021). Structure and Function of Major SARS-CoV-2 and SARS-CoV Proteins. Bioinformatics and Biology Insights, 15, 11779322211025876. doi:10.1177/11779322211025876
3. Li, G., Li, W., Fang, X., Song, X., Teng, S., Ren, Z., Li, K. (2021). Expression and purification of recombinant SARS-CoV-2 nucleocapsid protein in inclusion bodies and its application in serological detection. Protein Expr Purif, 186, 105908. doi: 10.1016/j.pep.2021.105908
4. Lara-Romero, R.; Cerriteño-Sánchez, J.L.; Mendoza-Elvira, S.; García-Cambrón, J.B.; Castañeda-Montes, M.A.; Pérez-Aguilar, J.M.; Cuevas-Romero, J.S. Development of Novel Recombinant

EVALUACIÓN DE *Metarhizium anisopliae* Y TIERRA DE DIATOMEAS PARA EL CONTROL DE LA GARRAPATA *Rhipicephalus microplus.*

Jorge Pineda-Lucatero[1*], Guillermo Zuñiga-Rivera[1], Zuleyma Guerrero-Cristobal[1] , Daniel Figueroa-Chávez[1], Wilberth Chan-Cupul[2], Rafael Julio Macedo-Barragán[2]

[1]FMVZ - Universidad de Colima; [2]FCBA - Universidad de Colima

*Autor para correspondencia: pinedalj@ucol.mx

Palabras clave: control biológico, ectoparásitos, hongos entomopatógenos

Introducción

La garrapata *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888), es el ectoparásito más importante que afecta al ganado bovino en zonas tropicales y subtropicales del mundo. Este parásito genera considerables pérdidas económicas debido a la disminución que causa en la producción de carne, leche y terneros, al daño a la piel del ganado, a la transmisión de patógenos causantes de enfermedades como *Babesia bovis*, *Babesia bigemina* y *Anaplasma marginale* y los costos realizados para su control (Estrada-Peña *et al*., 2006).

El uso de acaricidas es hasta la fecha el principal método para el control de las poblaciones de garrapatas, sin embargo, su efectividad ha disminuido y su uso continuo sin métodos alternativos ha generado un problema importante de resistencia, lo que hace imprescindible la búsqueda de nuevos métodos de control. En este sentido, el control biológico con hongos entomopatógenos es una alternativa que puede ayudar a reducir el costo y la frecuencia del uso de acaricidas, la infestación y la prevalencia de enfermedades transmitidas por garrapatas (Alonso-Díaz y Fernández-Salas, 2021). Asimismo, los polvos de tierra de diatomeas son productos naturales de sílice compuestos por diatomeas fosilizadas que han demostrado gran eficacia en el control de larvas y ninfas de diversas especies de garrapatas (Showler *et al*. 2020).

Algunos estudios han evaluado la eficacia de diversas cepas de hongos y tierra de diatomeas para el control de garrapatas, su efecto combinado solo se ha dirigido al control de plagas de cultivos y granos almacenados. Por lo anterior, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del hongo *Metarhizium anisopliae* y tierra de diatomeas solo y combinado en el control de garrapatas *R. microplus* en condiciones de laboratorio y de campo.

Objetivo

Evaluar el efecto de *Metarhizium anisopliae* y tierra de diatomeas, solos y combinados, en el control de la garrapata *Rhipicephalus microplus* en condiciones de laboratorio y de campo.

Materiales y métodos

Estudio de laboratorio. Se realizó en el Laboratorio Multidisciplinario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima localizado en Tecomán, Colima, México. Se utilizó la cepa Ma14 de *Metarhizium anisopliae* (Ma) y tierra de diatomeas (Td) (Celite®, IMERYS S.A. de C.V, Ciudad de México) para elaborar los siguientes tratamientos: Ma25= suspensión acuosa de *M. anisopliae* al 25 %; Ma50= suspensión acuosa de M. anisopliae al 50 %; Ma75= suspensión acuosa de M. anisopliae al 75 %; Ma100= suspensión acuosa de M. anisopliae al 100 %; Td25= suspensión acuosa de tierra de diatomeas al 25 %; Td50= suspensión acuosa de tierra de diatomeas al 50 %; Td75= suspensión acuosa de tierra de diatomeas al 75 %; Td100= suspensión acuosa de tierra de diatomeas al 100 % y las combinaciones Ma25Td75, Ma50Td50 y Ma75Td25. El tratamiento control consistió en agua destilada estéril más 0.1% de Tween 80.

Se colocaron veinticinco larvas de *R. microplus* en una caja de Petri sobre una tira de cinta adhesiva y se rociaron con los tratamientos con un atomizador manual con un caudal de 20 ml/min desde una distancia de 5 cm. Las garrapatas tratadas se mantuvieron en cajas de Petri sobre un papel de filtro humedecido con agua destilada estéril a una temperatura de 22 °C. Cada tratamiento se repitió simultáneamente cinco veces para contar con un total de 125 larvas. La mortalidad se registró cada 24 horas durante los siete días posteriores a la aplicación de los tratamientos.

Los porcentajes de la mortalidad larvaria acumulada se transformaron mediante la raíz cuadrada del arcoseno antes de analizarse mediante un análisis de varianza unidireccional seguido de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.01$).

Estudio de campo. El estudio de campo se realizó en un rancho ganadero ubicado en Tecomán, Colima, México. Se utilizaron 30 bovinos cruzados (*Bos taurus* × *Bos indicus*) con un peso corporal promedio de 500 kg, naturalmente infestados con garrapatas *R. microplus*. Durante el periodo de estudio los animales se mantuvieron en praderas de pasto Estrella Africana y Guinea y no recibieron ningún acaricida químico durante los cinco meses previos al inicio del ensayo.

Los animales se dividieron aleatoriamente en tres grupos experimentales de diez animales cada uno. El grupo 1 recibió la formulación Ma50Td50, el grupo 2 la formulación Ma25Td75 y el grupo 3 (control) recibió Tween 80 al 0.1%. Se realizaron dos aplicaciones con un intervalo de 21 días en las cuales cada animal recibió cinco litros de la solución. Los tratamientos se aplicaron entre las 7:00 y las 10:00 h para evitar la alta radiación solar y permitir una mayor persistencia y viabilidad de los conidios.

El número de garrapatas adultas vivas se cuantificó visualmente en el momento de la aplicación inicial (día 0) y a los 3, 7, 14 y 21 días posteriores a cada una de las aplicaciones (Alonso-Diaz *et al*., 2007). Para determinar la eficacia de los tratamientos, se utilizó la fórmula descrita por Morin et al. (1996):

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{\text{Garrapatas promedio del grupo control} - \text{Garrapatas promedio del grupo tratado} \times 100}{\text{Garrapatas promedio del grupo control}}$$

Resultados y discusión

La aplicación de *M. anisopliae* al 50%, de tierra de diatomeas al 25%, 50%, 75% y 100% y sus tres combinaciones, provocó una mortalidad larvaria acumulada a los 7 días de *R. microplus* superior al 97%. La mortalidad larvaria causada por los tratamientos Ma100 y Ma75 fue de alrededor del 50%, mientras que en el tratamiento control se observó una tasa de mortalidad del 1.45% (Figura 1).

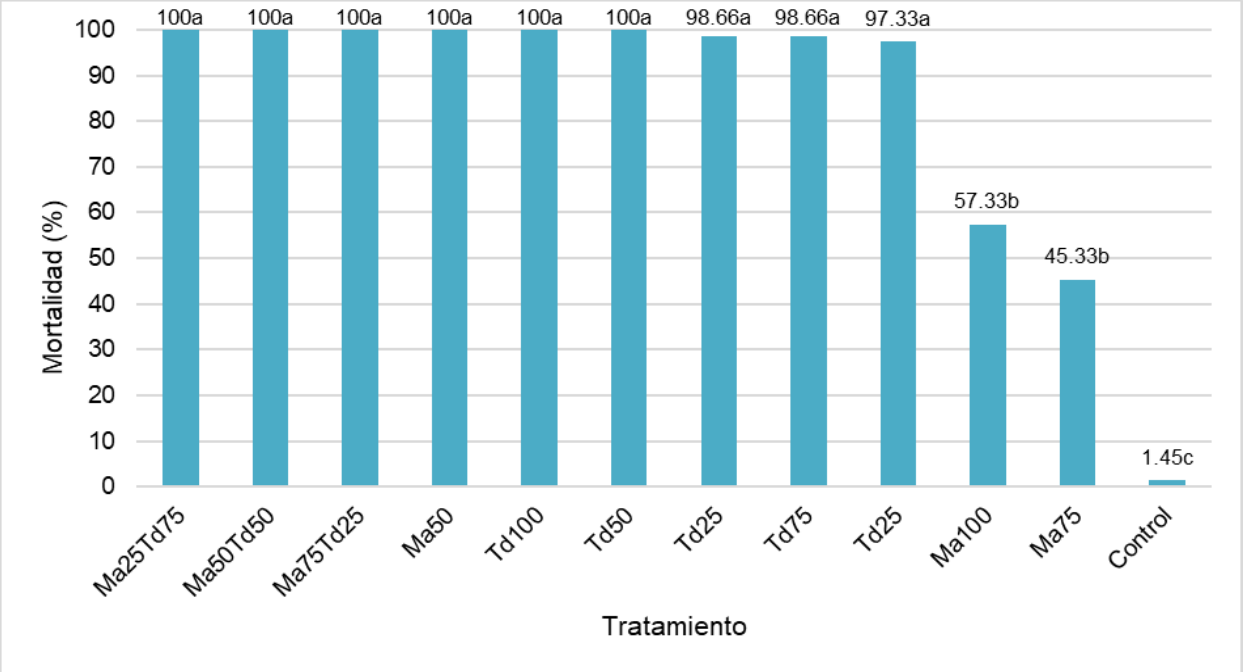


Figura 1. Efecto de la aplicación de *Metarhizium anisopliae* (Ma) y tierra de diatomeas (Td) sobre la mortalidad larvaria media de *Rhipicephalus microplus* en condiciones de laboratorio. Medias seguidas de letras diferentes difieren estadísticamente ($p<0.01$).

La eficacia en el control de garrapatas adultas de los tratamientos Ma25Td75 y Ma50Td50 aumentó progresivamente, alcanzando el 97 % y el 88 % respectivamente, 21 días después de la primera aplicación. Tres semanas después de la segunda aplicación, la eficacia alcanzó el 100 % y el 94.8 % para los tratamientos Ma25Td75 y Ma50Td50, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número promedio de garrapatas adultas por animal y eficacia de la aplicación de dos combinaciones de *Metarhizium anisopliae* y tierra de diatomeas en condiciones de campo.

Tratamiento	Día 0	E (%)	Día 3	E (%)	Día 7	E (%)	Día 14	E (%)	Día 21	E (%)
1ª aplicación										
Control	40.2	- - -	41.0	- - -	39.0	- - -	40.2	- - -	40.2	- - -
Ma25Td75	47.4	- - -	25.0	39.0	7.9	79.7	2.5	97.0	1.2	97.0
Ma50Td50	50.6	- - -	35.8	12.7	19.8	49.2	10.2	88.0	4.8	88.0
2ª aplicación										
Control	42.5	- - -	41.6	- - -	45.6	- - -	43.4	- - -	43.0	- - -
Ma25Td75	2.3	94.5	0.00	100.0	0.0	100.0	0.00	100.0	0.0	100.0
Ma50Td50	4.8	88.7	3.0	92.7	7.4	83.8	3.9	91.0	2.2	94.8

E: Eficacia; Ma: *Metarhizium anisopliae*; Td: Tierra de diatomeas.

La mortalidad larval total registrada para todos los tratamientos con tierra de diatomeas fue similar a la causada por un producto comercial a base de tierra de diatomeas (10 % de concentración) después de 48 h de larvas de garrapata *Amblyomma americanum* (Showler et al., 2020). Sin embargo, cuando este producto se aplicó a una concentración del 1 %, la mortalidad apenas alcanzó el 32.9 %, ya que al reducirse el número de partículas que entran en contacto con la garrapata, disminuye su acción abrasiva y su absorción en la cutícula cerosa, lo que a su vez afecta negativamente su efecto desecante.

La eficacia de *M. anisopliae* para el control de *R. microplus* en ganado infestado naturalmente, obtenida por Alonzo-Díaz et al. (2007) en Veracruz, México, fue menor que la obtenida en el presente estudio con la combinación del hongo y tierra de diatomeas. La diferencia en la eficacia puede explicarse por la cepa de *M. anisopliae* asperjada en el ganado, ya que estos autores utilizaron la cepa Ma34, que ha demostrado en estudios previos ser menos virulenta que la cepa Ma14 aquí utilizada. Además, en este estudio, el hongo se aplicó en combinación con tierra de diatomeas, lo que mejoró su patogenicidad debido al efecto desecante de la tierra de diatomeas que, probablemente modificó la composición química de la cutícula de las garrapatas e influyó positivamente en la capacidad de adhesión, germinación y penetración de los conidios.

Conclusiones

La aplicación de *M. anisopliae* al 50%, de tierra de diatomeas al 25%, 50%, 75% y 100% y sus combinaciones resultaron ser una opción viable para el control de larvas de *R. microplus*. Se demostró una posible sinergia entre los conidios de *M. anisopliae* y la tierra de diatomeas para el control de adultos de garrapatas de *R. microplus* en campo.

Referencias bibliográficas

1. Alonso-Díaz, M.A., Fernández-Salas, A. (2021). Entomopathogenic fungi for tick control in cattle livestock from Mexico. Front. Fungal. Biol. 2:657694
2. Alonso-Díaz, M. A., García, L., Galindo-Velasco, E., Lezama-Gutierrez, R., Angel-Sahagún, C.A., Rodríguez-Vivas, R.I., Fragoso-Sánchez, H. (2007). Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Hyphomycetes) for the control of *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae) on naturally infested cattle in the Mexican tropics. Vet. Parasitol. 147(3–4):336–340.
3. Estrada-Peña, A., Bouattour, A., Camicas, J.L., Guglielmone, A., Horak, I., Jongejan, F., Latif, A., Pegram, R., Walker, A.R. (2006). The known distribution and ecological preferences of the tick subgenus Boophilus (Acari: Ixodidae) in Africa and Latin America. Exp. Appl. Acarol. 38(2–3):219–235.
4. Morin, D., Valdez, R., Lichtensteiger, C., Paul, A., DiPietro, J., Guerino, F. (1996). Efficacy of moxidectin 0.5% pour-on against naturally acquired nematode infections in cattle. Vet. Parasitol. 65(1–2):75–81.
5. Showler, A.T., Flores, N., Caesar, R.M., Mitchell, R.D., de León, A.A.P. (2020). Lethal effects of a commercial diatomaceous earth dust product on *Amblyomma americanum* (Ixodida: Ixodidae) larvae and nymphs. J. Med. Entomol. 57(5):1575–1581.

ISLAS CpG´s EN EL GÉNERO ANAPLASMA Y OTROS GÉNEROS DE RICKETTSIALES.

Itzel Amaro Estrada[1], Luis. Lozano Aguirre[2], Mayra Elizeth Cobaxin Cárdenas[1], Elizabeth Salinas Estrella[1], Bernardo. Sachman Ruiz[1*], Juan Alberto Ramos Aragón[1], Sergio. Darío. Rodríguez Camarillo[1]

[1]Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Salud Animal e Inocuidad, Carr. Cuernavaca - Cuautla No 8534, Col. Progreso, Jiutepec, Mor. 62560, México
[2]Centro de Ciencias Genómicas, UNAM, Chamilpa AP565-A Cuernavaca, Morelos 62210, México

*Autor para correspondencia: sachman.bernardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Islas CpG´s, rickettsiales, Anaplasma.

Introducción

El orden bacteriano Gram-negativo de las rickettsiales incluye a patógenos intracelulares obligados, que requieren de un vector para su transmisión, afectando a humanos, animales domésticos y de compañía (Guccione et al. 2023). Este orden contiene a los géneros *Anaplasma*, *Ehrlichia*, *Wolbachia*, *Rickettsia* y *Orientia* (Salje, 2021). Con los genomas de un gran número de rickettsiales, es posible hacer estudios de genómica comparativa, los cuales coadyuvan a entender el camino patógeno-evolutivo y la diversidad de esta familia bacteriana. Las islas CpG´s son secuencias de ADN de unos 200 pares de bases con ≥ 60% contenido de G+C ubicadas normalmente en la región promotora de los genes (Deng et al., 2004). Dentro de estas secuencian se encuentran motivos CpG no metilado que son reconocidos por receptores tipo toll (TLR)-9, el cual se expresa al menos parcialmente de forma extracelular o intracelular en varios tipos de células de la respuesta inmune no específica, incluidas las células dendríticas plasmocitoides (PDC), macrófagos y células B, entre otros (Krieg 2002). Se ha corroborado la presencia de islas CpG en los genomas con alto contenido de G+C, lo cual no ha sido analizado en Rickettsiales. En este estudio se hace una comparación entre los genes de virulencia y la presencia de motivos CpG en varios integrantes del grupo de las rickettsiales para determinar correlación.

Materiales y métodos

En este estudio se utilizaron genomas representativos de seis especies de *Anaplasma*, cinco de *Rickettsia*, dos de *Wolbachia*, tres de *Ehrlichi*a, y uno para los géneros *Orientia*, *Neoerlichia* y *Neorickettsia,* obtenidos del Genbank (http://ncbi.nlm.nih.gov). Se obtuvieron los genes del genoma *core* con GET_HOMOLOGUES y GET_PHYLOMARKERS para obtener la genómica comparativa y la filogenómica (Vinuesa et. Al 2018). Con el programa CpGPLOT del EMBOSS se buscaron los CpG´s en cada genoma de referencia (ebi.ac.uk/jdispatcher/seqstats/emboss_cpgplot) y en los genes de virulencia obtenidos del Virulence Factor Database (VFDB) (mgc.ac.cn/VFs/).

Resultados y discusión

Se obtuvo la relación filogenómica de los genomas de referencia utilizados en el presente trabajo con raXML utilizando el modelo evolutivo de JModelTest y valor de boostrap de 500 (Figura 1). Es notorio que los organismos del género *Anaplasma* presentan los contenidos más altos de G+C y particularmente *A. marginale, A. ovis* y *A. ovis* -intraeritrocíticos- son más altos aún que los no eritrocíticos. Se observa como los organismos del género *Anaplasma* se agrupan en varios clados muy cercanos particularmente aquellos que son intraeritrocíticos i.e. *A. marginale*, *A. ovis* y *A. centrale*, estando también muy cercano *A. capra*. Por otro lado *A. phagocytophilum* y *A. platys*, se agrupan en tribus diferentes. Las ehrlichias son cercanas a los anaplasmas y las rickettsias son los más distantes.

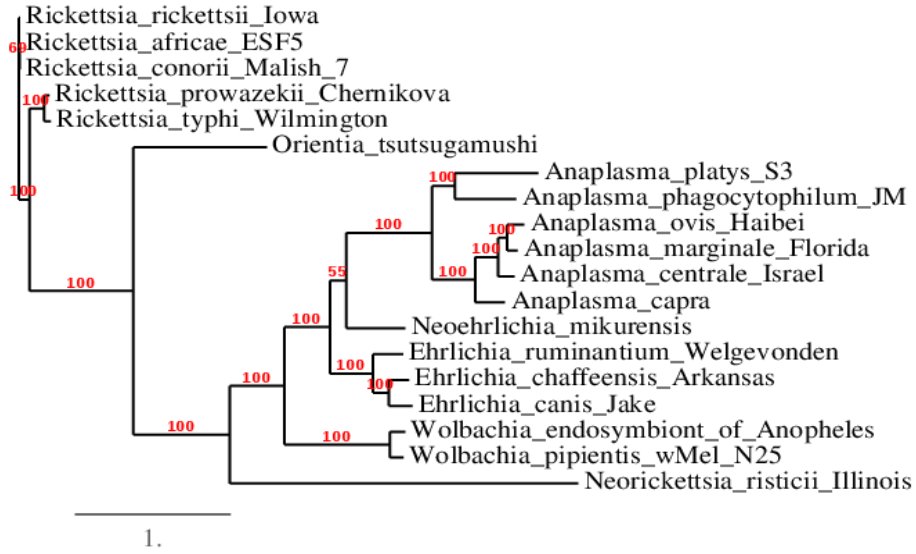


Figura 1. Filogenómica del grupo rickettsiales, realizada con RaXML y 500 boostraps.

Se identificaron los motivos CpG´s utilizando localmente el programa EMBOSCPGplot (ebi.ac.uk/Tools/seqstats/emboss_cpgplot/), con las coordenadas que se obtuvieron se remitieron únicamente a los genes codificantes. Encontramos un número mínimo de CpG´s en los genomas de *Ehrlichia* (4-3) y *Rickettsia* (8-4), mientras que *A. marginale* presentó 1285 motivos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación del porcentaje de GC, CpG´s totales, genes de virulencia y CpG´s en genes de virulencia de rickettsiales.

Genoma	%GC	CPG´s EMBOS	Genes VFDB	CPG´s VFDB
GCF_025628785.1 Anaplasma_capra_BIME1	48.3	816	9	13
GCF_000024505.1 Anaplasma_centrale_Israel	50	1264	35	27
GCF_002214625.1 Anaplasma_ovis_Haibei	49.5	1051	25	22
GCF_000020305.1 Anaplasma_marginale_Florida	49.8	1285	20	29
GCF_000439775.1 Anaplasma_phagocytophilum_JM	41.5	104	155	18
GCF_012790675.1 Anaplasma_platys_S3	45.5	401	2	0
GCF_000012565.1 Ehrlichia_canis_Jake	29	4	16	0
GCF_000013145.1 Ehrlichia_chaffeensis_Arkansas	30	4	21	0
GCF_000026005.1 Ehrlichia_ruminantium_Welgevonden	27.5	3	9	0
GCF_024299005.1 Neoehrlichia_mikurensis_182804	26.9	2	10	0
GCF_000022525.1 Neorickettsia_risticii_Illinois	41.3	31	17	0
GCF_900327255.1 Orientia_tsutsugamushi_isolate_UT76	30.5	2	3	0
GCF_000023005.1 Rickettsia_africae_ESF5	32.5	7	29	0
GCF_000007025.1 Rickettsia_conorii_Malish7	32.4	7	32	0
GCF_000277165.1 Rickettsia_prowazekii_Chernikova	29	4	31	0
GCF_000017445.4 Rickettsia_rickettsii_Iowa	32.5	8	36	0
GCF_000008045.1 Rickettsia_typhi_Wilmington	34	4	30	0
GCF_018491735.2 Wolbachia_endosymbiont_Anopheles	33.5	2	1	0
GCF_007971685.1 Wolbachia_pipientis_wMel_N25	35.5	16	2	0

La Figura 2 nos muestra que *A. marginale*, comparte muchos de esos motivos CpG, 602 con *A. centrale*. Resalta el hecho que el número de motivos CpG's compartidos entre los anaplasmas eritrocíticos y los que infectan células nucleadas es muy bajo (Figura 2), consistente con el tipo de célula hospedera y posibles mecanismos de patogenia.

Finalmente, a pesar de la aparente cercanía filogenética entre los anaplasmas eritrocíticos y *A. capra*, el número de islas CpG compartidos es muy reducido, consistente con diferentes células hospederas y posibles mecanismos de patogenia. Por otro lado, a pesar de la similitud en los números de motivos CpG, entre los organismos eritrocíticos, solo *A. marginale* y *A. centrale* comparten estos motivos de manera significativa. Esto es consistente con las células hospederas que infectan, el tipo de hospederos y los daños ocasionados en los mismos, a pesar de que *A. centrale* ocasiona daños de mucho menor intensidad que *A. marginale*.

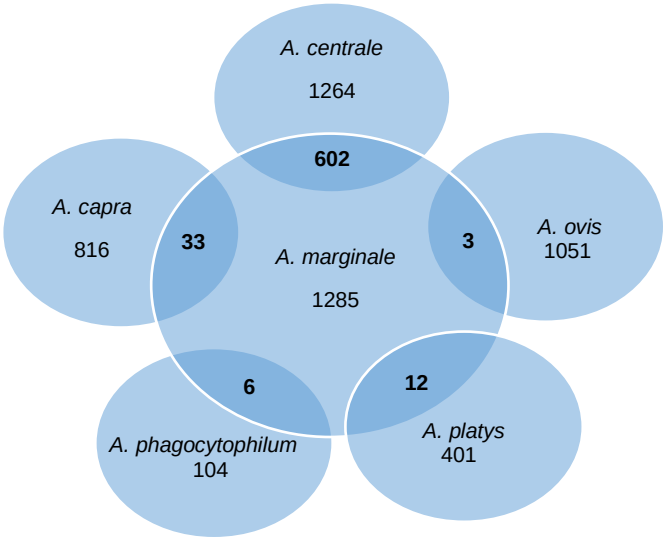


Figura 2. Islas CpG´s totales por especie de *Anaplasma* y los que comparten entre especies.

Agradecimiento

Esta investigación fue financiada a través del proyecto CONAHCYT CF-2023-G-1196.

Referencias bibliográficas

1. Deng JC, Moore TA, Newstead MW, Zeng X, Krieg AM, Standiford TJ. 2004; CpG oligodeoxynucleotides stimulate protective innate immunity against pulmonary Klebsiella infection. J Immunol. 173(8):5148-55. doi: 10.4049/jimmunol.173.8.5148
2. Guccione C, Colomba C, Iaria C, Cascio A. 2023; Rickettsiales in the WHO European Region: an update from a One Health perspective. Parasit Vectors. 16(1):41. doi:10.1186/s13071-022-05646-4.
3. Krieg AM. CpG motifs in bacterial DNA and their immune effects. 2002; Annu Rev Immunol. 20:709-760. doi: 10.1146/annurev.immunol.20.100301.064842.
4. Salje J. 2021; Cells within cells: Rickettsiales and the obligate intracellular bacterial lifestyle. Nat Rev Microbiol. 19(6):375-390. doi: 10.1038/s41579-020-00507-2.
5. Vinuesa P, Ochoa-Sánchez LE, Contreras-Moreira B. 2018; GET_PHYLOMARKERS, a Software Package to Select Optimal Orthologous Clusters for Phylogenomics and Inferring Pan-Genome Phylogenies, Used for a Critical Geno-Taxonomic Revision of the Genus Stenotrophomonas. Front Microbiol. May 1; 9:771. doi: 10.3389/fmicb.2018.00771

AISLAMIENTO DE DNA A PARTIR DE CONTENIDO INTESTINAL DE ANIMALES DE GRANJA Y DETECCIÓN DE TRAZAS DE EVENTOS TRANSGÉNICOS.

Jordan Michel Nieves-Flores[1], Luis Felipe Guzmán-Rodríguez[2*], José Martín Ruvalcaba-Gómez[2], Alma Armenta-Medina[2], Blanca Zuamí Villagrán-De La Mora[3].

[1]Universidad Politécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara; [2]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP; [3]Centro Universitario de los Altos, UDG.

*Autor para correspondencia: guzman.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: OGM's, qPCR, p35S

Introducción

La biotecnología ha permitido la creación de los organismos genéticamente modificados (OGM's), entre los que destaca el maíz genéticamente modificado debido a su uso en el consumo humano y en la alimentación de los animales de granja tales como aves de corral y cerdos. De tal manera que, los OGM's contribuyen a satisfacer la necesidad de alimentación, la generación de productos de maíz y, en consecuencia, el desarrollo del sector pecuario y alimentario.

Por otra parte, el uso de OGM's puede comprometer la estabilidad ambiental dado a que con el uso de semillas transgénicas se puede presentar riesgo de introgresión en especies nativas y mejoradas seleccionadas genéticamente, en estos casos podrían llegar a fijarse en las variedades de los cultivos, lo que causaría un impacto en la integridad genética (Jerónimo, 2022).

Durante la alimentación de los animales, el alimento puede mezclarse con semillas transgénicas de manera no intencional. La detección de estos materiales se dificulta debido a la degradación parcial o total del DNA en el tracto digestivo, no obstante, los OGM´s pueden estar presentes como trazas dentro del contenido intestinal (Calik et al., 2024). Por lo tanto, es necesario el uso de técnicas con alta sensibilidad y especificidad, como, por ejemplo, PCR tiempo real (qPCR) para la detección de dichas secuencias.

El objetivo del presente trabajo fue aislar DNA de contenido intestinal de pollos y cerdos y detectar la presencia de trazas de eventos transgénicos en animales alimentados con maíz transgénico mediante la amplificación del promotor p35S por qPCR.

Materiales y métodos

Se colectaron muestras de contenido intestinal de 36 pollos y 46 cerdos de engorda alimentados con maíz orgánico, convencional, genéticamente modificado y semillas de maíz adicionado con glifosato 0.5 mg/g y glifosato 50 mg/g. La colecta se realizó en cuatro porciones del intestino: duodeno, yeyuno, íleon y colon. Las muestras se congelaron con nitrógeno líquido y se conservaron en ultracongelación a -80°C hasta el procesamiento.

El DNA genómico fue aislado mediante el método con solución de fenol:cloroformo:alcohol isoamílico, reportado previamente (Rollo et al., 2002), con modificaciones. La concentración y pureza del DNA se determinaron mediante espectrofotometría, la integridad se evaluó por electroforesis de ácidos nucleicos en gel de agarosa al 1% y la funcionalidad se verificó por amplificación del gen *rbcL* por PCR punto final con condiciones previamente descritas (Levin et al., 2003).

La detección de OGM's se llevó a cabo mediante la amplificación de *p35S* por qPCR con el método comercial TaqMan GMO Maize Quantification Kit (ThermoFisher Scientific) en un equipo StepOnePlus (Applied Biosystems). La mezcla de reacción contenía 3.75 µL de master mix p35S más 6.25 µL de general master mix más 2.5 µL de DNA [50 ng/µL], en 12.5 µL de volumen por reacción. Las condiciones de amplificación fueron: un ciclo de 95°C por 10 minutos de desnaturalización inicial y 50 ciclos de 95°C por 15 segundos de desnaturalización y 60°C por 1 min de alineamiento y extensión. Además, se incluyó la amplificación del gen endógeno *MMS* como control de calidad con las mismas condiciones de amplificación previamente descritas para *p35S* y los controles positivos, negativo y sin templado.

El diseño experimental utilizado fue factorial con tres factores: tipo de semilla, número de animal y porción del intestino. Las variables de respuesta fueron la concentración del DNA y la relación $A_{260/280}$. El análisis estadístico comprendió el ANOVA y la comparación de medias se llevó a cabo con la prueba Tukey ($p<0.05$). Los análisis se realizaron en el programa RStudio y con la librería agricolae.

Resultados y discusión

Las muestras de DNA de pollos y de cerdos de engorda presentaron concentraciones medias de 162.9 ± 8.4 y 138.6 ± 9.5, respectivamente y valores medios de la relación $A_{260/280}$ de 1.79 ± 0.010 y 1.71 ± 0.013, respectivamente. En el caso de la concentración, la cantidad mínima de DNA genómico para la detección de OGM's recomendada es 100 ng/µL, mientras que valores 1.70 a 1.80 de relación $A_{260/280}$ sugieren una buena pureza de DNA (Guzmán et al., 2018).
La integridad y funcionalidad del DNA se presentan en la figura 1. En la figura 1 a) se observan bandas de DNA que migran a la misma distancia que el marcador de peso molecular λDNA y no se observan bandas de menor tamaño, lo cual indica ausencia de degradación de ácidos nucleicos. En la figura 1 b) se observan los productos de amplificados de un fragmento del gen *rbc*L de 606 pb, lo cual sugiere que las muestras no contienen sustancias inhibidoras de PCR (Guzmán et al., 2018).

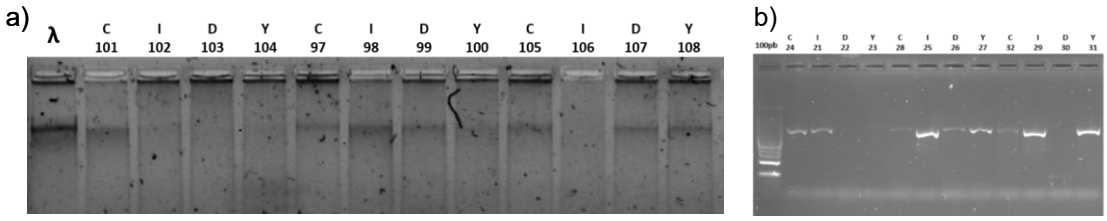


Figura 1. a) Electroforesis en gel de agarosa al 1% de DNA genómico contenido intestinal. b) Electroforesis en gel de agarosa al 2% de productos amplificados de un fragmento de 606 pb del gen *rbcL*.

En el análisis de varianza, la concentración de DNA no presentó diferencias significativas en tipo de semilla (p=0.193), número de animal (p=0.383) y porción del intestino (p=0.744), mientras que en la relación $A_{260/280}$ el factor porción del intestino fue significativo (p=0.012) pero no se presentaron diferencias en tipo de semilla (p=0.231) y número de animal (p=0.739).
En el cuadro 1 se presenta la comparación de medias de la relación $A_{260/280}$ con la prueba Tukey (p<0.05). En dicho cuadro se observan diferencias significativas en las medias de la relación $A_{260/280}$ entre las porciones de duodeno e íleon, pero no son significativas respecto a colon y yeyuno.

Cuadro 1. Comparación de medias de la relación $A_{260/280}$ con la prueba Tukey (p<0.05).

Porción del intestino	Media de la relación $A_{260/280}$	Error estándar	Grupo
Duodeno	1.85	0.0163	a
Colon	1.78	0.0215	a,b
Yeyuno	1.77	0.0216	a,b
Íleon	1.76	0.0180	b

Por otra parte, en la detección de trazas de eventos transgénicos en 36 pollos de engorda, las curvas típicas de amplificación se presentan en la figura 2. Las líneas en color rojo corresponden a *p35S* y en color azul al gen endógeno *MMS*. En la figura 2a se presenta la gráfica de amplificación típica de las muestras analizadas. La validación de los resultados se obtiene con la presencia de las curvas típicas en los controles positivo (figura 2b) y negativo (figura 2c), además que el control sin templado no presentó ninguna curva lo que determina la ausencia de contaminación cruzada durante el experimento.

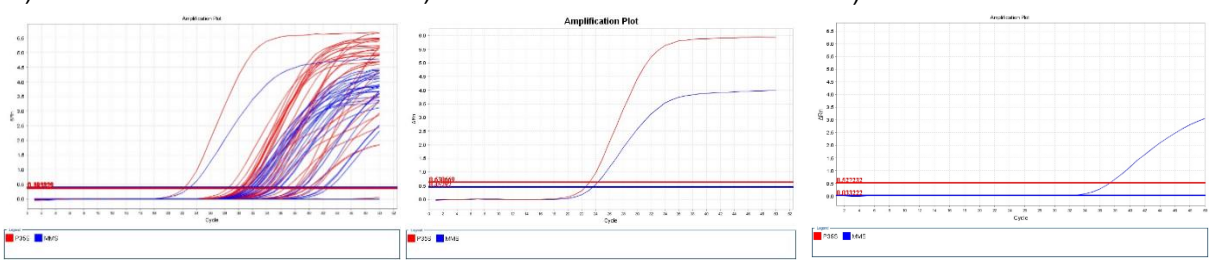


Figura 2. Graficas de amplificación de DNA del contenido intestinal. a) Amplificación de los genes *p35S* y *MMS* en las muestras analizadas. b) Amplificación de *p35S* y *MMS* en el control positivo. c) Amplificación de *MMS* en el control negativo.

Los valores Ct de los genes *p35S* y *MMS* se presentan entre los ciclos 25 a 49 (cuadro 2), lo cual sugiere la presencia de trazas de OGM's en el contenido intestinal de los pollos de engorda

.

Cuadro 2. Valores Ct promedio *p35S* y *MMS* del contenido intestinal de animales de engorda.

Gen	Rango de valores Ct	Promedio Ct	Desviación estándar Ct
p35S	25.59 a 48.50	34.75	5.00
MMS	26.78 a 45.97	34.67	3.88

Conclusiones

Se obtuvo DNA genómico del contenido intestinal de pollos y cerdos de engorda alimentados con maíz transgénico, además fue posible detectar trazas de OGM's mediante amplificación por qPCR del marcador *p35S*.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo se deriva del proyecto titulado "Efecto de la ingesta de maíz transgénico y glifosato en modelos animales", No. SIGI 12152137058.

Referencias bibliográficas

1. Calik, A., Emami, N. K., White, M. B., & Dalloul, R. A. (2024). Fate of transgenic soybean DNA and immune response of broilers fed genetically modified DP-3Ø5423–1 soybean. Poultry Science, 103(4), 103499. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103499
2. Rollo, F., Ubaldi, M., Ermini, L., & Marota, I. (2002). Ötzi's last meals: DNA analysis of the intestinal content of the Neolithic glacier mummy from the Alps. Proceedings of the national academy of sciences, 99(20), 12594-12599. https://doi.org/10.1073/pnas.192184599
3. Jerónimo, D. A. A. (2022). Alimentos transgénicos en México: rol económico e industrial. Revista CNCI, 1(2), 34-42. https://doi.org/10.59142/rcnci.v1i2.18
4. Levin, R. A., Wagner, W. L., Hoch, P. C., Nepokroeff, M., Pires, J. C., Zimmer, E. A., & Sytsma, K. J. (2003). Family-level relationships of Onagraceae based on chloroplast rbcL and ndhF data. American Journal of Botany, 90(1), 107-115. https://doi.org/10.3732/ajb.90.1.107
5. Guzmán, L. F., Cortés Cruz, M. A., Pichardo González, J. M., & Arteaga Garibay, R. I. (2018). Comparación de protocolos de aislamiento de DNA a partir de semilla de soya. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9(8), 1691–1701. https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.872

REGIONES GENÓMICAS ASOCIADAS CON LA FRECUENCIA DE DESPARASITACIÓN QUÍMICA EN OVINOS PELIBUEY EN EL TRÓPICO.

Leilany Margarita Esparza-Acebo[1], Nadia Florencia Ojeda-Robertos[2], Xochitl Fabiola De La Rosa-Reyna[1], Gaspar Manuel Parra-Bracamonte[1]*

[1]Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica, Reynosa, Tamaulipas; [2]División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
*Autor para correspondencia: gparra@ipn.mx

Palabras clave: Pelibuey, Resistencia a nemátodos, GWAS, QTL.

Introducción

Las infecciones por nemátodos gastrointestinales (NGI) son una de las principales amenazas para la producción ovina en México, particularmente en zonas de clima tropical, donde las condiciones ambientales son óptimas para el desarrollo y proliferación de los NGI. Estas infecciones tienen un impacto negativo sobre el crecimiento, la producción y la supervivencia de los ovinos, provocando importantes pérdidas económicas dentro del sector ovino. La elección de individuos puede realizarse de manera indirecta, a través de la observación y evaluación de fenotipos asociados con la resistencia parasitaria; y de manera directa, por medio de la selección asistida por marcadores, que consiste en la aplicación de técnicas moleculares para identificar genes o alelos involucrados en la resistencia parasitaria. Bajo este contexto, el conteo fecal de huevos (FEC) es considerado como un fenotipo clave para identificar individuos resistentes, debido a que permite estimar la carga parasitaria del animal en huevos por gramo de heces (hpg). La resistencia fenotípica contra parásitos está ampliamente reportada en razas ovinas de pelo presentes en regiones tropicales. Una raza de pelo muy utilizada en el sureste del país es Pelibuey, la cual destaca por su alta adaptabilidad, rusticidad y resistencia natural a los NGI; se sugiere que esta raza ha pasado por un proceso de selección natural que le ha conferido una habilidad genética particular para controlar las cargas parasitarias, resistir y tolerar las infecciones por parásitos. Los borregos Pelibuey han demostrado poseer resistencia innata y adquirida, así como resiliencia en sus distintos estados fisiológicos. Con base en lo anterior, se considera que Pelibuey es un candidato ideal para la selección genética dirigida hacia el mejoramiento de la resistencia contra parásitos, sin embargo, no existen estudios previos enfocados a la identificación de marcadores genómicos o genes de resistencia en la raza. El presente trabajo explora variaciones genómicas asociadas con el número de desparasitaciones y la resistencia parasitaria en ovinos Pelibuey, con el objetivo de identificar regiones del genoma y genes candidatos para selección.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en una población de ovinos Pelibuey, manejadas en sistema extensivo con pastoreo rotacional ubicadas en Villahermosa, Tabasco. El estudio se llevó a cabo durante el periodo de octubre de 2023 a agosto de 2024, donde se recolectaron mensualmente muestras de heces para realizar el FEC por medio de la técnica McMaster. En caso de que un animal presentara valores de FEC mayores a 1000 hpg, se le administró tratamiento AH. Los fármacos utilizados para la desparasitación selectiva fueron levamisol e ivermectina dependiendo del caso. Adicionalmente, al inicio del muestreo se recolectaron muestras sanguíneas por punción yugular para el análisis de microarreglos. El estudio fue de tipo caso-control y la clasificación de animales se basó en el número de desparasitaciones recibidas durante el periodo de muestreo; los animales que recibieron una o más desparasitaciones fueron clasificados en el grupo caso, y los animales que no recibieron tratamiento conformaron el grupo control. Después, se realizó la validación estadística de los grupos contrastantes utilizando los procedimientos discriminantes paramétrico y canónico en el software SAS 9.4. (SAS Institute Inc, Cary, NC, EUA).
Los datos genómicos se obtuvieron por medio de un análisis de microarreglos con el chip OvineSNP50 de Illumina, el cual contiene 54,241 SNPs del genoma ovino. El control de calidad de la base de datos se llevó a cabo en el software PLINK v1.07 con los criterios de tasa de genotipos faltantes < 0.23, frecuencia alélica mínima > 0.05 y equilibrio Hardy-Weinberg de < 0.001, los cuales fueron cumplidos por 39,898 SNPs. El estudio GWAS se realizó con enfoque caso-control, también en el software PLINK v1.07. Una vez que se obtuvieron los resultados del estudio GWAS se realizaron los gráficos correspondientes con la librería

qqman en el software RStudio v4.4.1. Se generó un gráfico cuantil-cuantil y Manhattan para visualizar la fuerza de la señal emitida por los SNPs, su posición dentro de los cromosomas y evaluar su asociación sugestiva y significativa a nivel genómico. Asimismo, se obtuvo con los valores de *p* de los SNPs analizados. La búsqueda de *loci* de rasgo cuantitativo (QTLs) asociados con la resistencia parasitaria se llevó a cabo en la base de datos Animal QTL Data Base, enfocando la búsqueda en el sitio de posición de los SNPs con una ventana de búsqueda en el genoma de 50 a 100 kb hacia ambos flancos. Posteriormente, la proximidad de los SNPs con algún gen fue explorada utilizando la herramienta Genome Data Viewer de la página oficial del National Center of Biotechnology Information (NCBI) en el genoma de referencia ARS-UI_Ramb_v3.0 (GCF_016772045.2). El análisis de ontología génica, rutas metabólicas y redes de interacción se realizó en bases de datos que incluyeron NCBI, KEGG, UniProt y QuickGO.

Resultados y discusión

Los resultados se pueden apreciar claramente en el gráfico Manhattan (**Figura 1**), donde se observaron 23 SNPs con valor de *p* significativo (< 0.001) dentro de los cromosomas 2, 3, 4, 5, 8, 18 y 21. Se encontraron 18 QTLs cercanos a la posición de 13 SNPs, los cuales están asociados con características relacionadas con la resistencia parasitaria y la respuesta inmunológica, tales como el conteo fecal de huevos (FEC), niveles de inmunoglobulina A (IgA), volumen corpuscular medio (VCM), conteo plaquetario (PLT), conteo fecal de ooquistes (FOC) y resistencia contra nemátodos gastrointestinales (RNGI) (**Cuadro 1**).

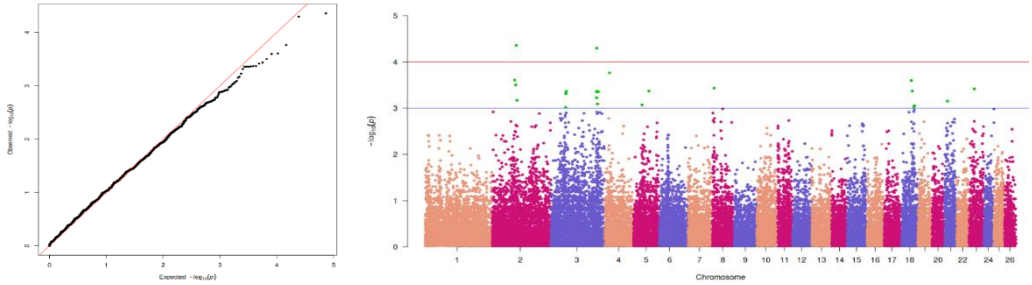


Figura 1. Gráfico cuantil-cuantil y Manhattan. Se destacan los 23 SNPs con valor *p* significativo (< 0.001). La línea azul marca el umbral de asociación sugestiva [-*log*10(1e-3)] y la línea roja el umbral de asociación significativa [-*log*10(1e-4)].

El gráfico Manhattan permitió la identificación de 2 SNPs con asociación significativa a nivel del genoma: OAR2_107871611.1 y oar3_OAR3_205166814, ubicados en los cromosomas 2 y 3, respectivamente. La búsqueda de genes candidatos se enfocó en estos SNPs. OAR2_107871611.1 se encuentra posicionado entre dos genes: *TRNAW-CCA* y *LOC132659126*. El gen *TRNAW-CCA* de ARN, codifica moléculas de ARN de transferencia (ARNt) a triptófano (anticodón CCA) y es altamente expresado en el yeyuno de ovinos. Asimismo, el gen *LOC132659126* es codificante de la proteína similar a la N-acetilgalactosaminiltransferasa-6; ambos se encuentran cercanos (< 80 kb) del gen *GALNTL6*, el cual ha mostrado una fuerte asociación con una región QTL para la característica de conteo fecal de huevos.
Cercano a oar3_OAR3_205166814 se encontraron los genes *KLRK1, KLRD1, LOC101117151* y *LOC101102227*. El gen *KLRK1* cuenta con actividad de señalización para el receptor K1 de los linfocitos *natural killer* (NK), los cuales forman parte del sistema inmunológico innato en la defensa temprana contra antígenos y células autólogas que están bajo estrés, como es el caso de las infecciones parasitarias. Las células NK están equipadas con diversos receptores que les permiten discriminar células no diana de las diana y destruirlas, por medio de la liberación gránulos citotóxicos en la superficie de la célula diana unida, donde las proteínas efectoras penetran en la membrana celular e inducen la apoptosis. El gen *KLRD1* codifica para el antígeno CD94 de los linfocitos NK, y los genes *LOC101117151* y *LOC101102227* tienen función codificante para proteínas similares; el antígeno CD94 es un componente clave del complejo receptor CD94/NKG2, el cual tiene un papel crucial en la respuesta inmunológica.

Cuadro 2. Polimorfismos de nucleótido único (SNPs) y *loci* de rasgo cuantitativo (QTLs) asociados a características de interés cercanos.

SNP	Chr	ID QTL	Característica asociada	Posición QTL (pb)
OAR2_107871611.1	2	178756	FEC	2:106987063-107924749
		178745	FEC	2:107706511-110358002
s74693.1	2	178744	FEC	2:106479658-109049182
		178746	FEC	2:109055156-112388825
		178739	FEC	2:109055156-115988999
OAR2_111034078.1	2	178759	FEC	2:111047822-113380103
oar3_OAR3_205166814	3	193054	IgA	3:201168085-201168089
OAR3_68948322.1	3	213307	VCM	3:64790471-64790475
Chr3:204365706	3	16023	FEC	3:193555484-208438615
oar3_OAR3_212155957	3	193028	IgA	3:211789484-211789488
		16023	FEC	3:193555484-208438615
OAR3_221188082.1	3	193054	IgA	3:201168085-201168089
		12905	FOC	3:193555484-209036932
oar3_OAR3_208563042	3	16023	FEC	3:193555484-208438615

Chr: Cromosoma; pb: pares de bases; ID QTL: identificador del QTL en Animal QTL Data Base; FEC: conteo fecal de huevos; IgA: inmunoglobulina A; VCM: volumen corpuscular medio; FOC: conteo fecal de ooquistes; PLT: conteo plaquetario; RNGI: resistencia a nemátodos gastrointestinales.

Conclusiones

El estudio reveló variaciones genómicas asociadas significativamente con la resistencia a las parasitosis gastrointestinales en la raza Pelibuey. Los genes reportados sugieren una asociación importante con la respuesta inmunológica de animales resistentes ante las infecciones por parásitos gastrointestinales, por lo que se requiere profundizar en su estudio y validación como genes candidatos de estudio y potenciales a selección en la raza a modo de marcadores de resistencia genética.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen a la Secretaria de Investigación y Posgrado por el financiamiento del proyecto SIP20250828 del cual derivaron los resultados de este estudio. La primera autora agradece el apoyo brindado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) a través de su beca de estudio de posgrado.

Referencias bibliográficas

1. Carracelas, B., Navajas, E. A., Vera, B., & Ciappesoni, G. (2022). Genome-wide association study of parasite resistance to gastrointestinal nematodes in Corriedale sheep. *Genes*, *13*(9), 1548.
2. González-Garduño, R., Arece-García, J., & Torres-Hernández, G. (2021). Physiological, immunological and genetic factors in the resistance and susceptibility to gastrointestinal nematodes of sheep in the peripartum period: a review. Helminthologia, 58(2), 134.
3. Medina-Pérez, P., Ojeda-Robertos, N. F., Reyes-García, M. E., Cámara-Sarmiento, R., & Torres-Acosta, J. F. J. (2015). Evaluation of a targeted selective treatment scheme to control gastrointestinal nematodes of hair sheep under hot humid tropical conditions. *Small Ruminant Research*, *127*, 86-91.
4. Morteo-Gómez, R., Torres-Hernández, G., González-Garduño, R., Becerril-Pérez, C. M., González-Camacho, J. M., Díaz-Rivera, P., ... & Arece-García, J. Parasitological response of hair sheep to an experimental infection with gastrointestinal nematodes.
5. Palomo-Couoh, J. G., Aguilar-Caballero, A. J., Torres-Acosta, J. F. J., & González-Garduño, R. (2017). Comparing the phenotypic susceptibility of Pelibuey and Katahdin female lambs against natural gastrointestinal nematode infections under hot humid tropical conditions. Parasitology research, 116, 1627-1636.

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR Y MORFOMÉTRICA DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE CAPRINOS DE DOS LOCALIDADES DEL ESTADO DE OAXACA.

Fernando Edgar Martínez-Silva[1], Teresa Jatziri Sánchez-Estrada[2], José Hugo Aguilar-Díaz[3], Jesús Antonio Pineda-Alegría[3], German Román Colmenares-Viladomat[3], Liliana Aguilar-Marcelino[3].

[1]CIRPAS INIFAP, [2]Universidad Politécnica del Estado de Morelos, [3]CENID-SAI INIFAP,

*Autor para correspondencia: aguilar.liliana@inifap.gob.mx

Palabras clave: caprinos, caracterización, nematodiasis.

Introducción

La cría de ovinos y caprinos representa una fuente importante de oportunidades comerciales, gracias a la producción de carne, leche y queso. No obstante, uno de los principales retos en esta actividad es el control de enfermedades parasitarias ocasionadas por nematodos gastrointestinales (NGI). Estos parásitos afectan especialmente a animales jóvenes, generando consecuencias como pérdida y ganancia de peso, anemia y otros signos clínicos que varían según la especie parasitaria implicada.

En el estado de Oaxaca, aún no se cuenta con estudios detallados sobre la prevalencia de NGI en pequeños rumiantes. Actualmente, su detección se basa en métodos tradicionales como el recuento de huevos con la técnica de McMaster y el análisis morfológico de larvas en estadio L3. Aunque estas técnicas son funcionales, presentan limitaciones en precisión y requieren personal especializado para su interpretación correcta.

La incorporación de técnicas moleculares, como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), podría incrementar significativamente la exactitud y sensibilidad en la identificación de estos nematodos parásitos gastrointestinales. Esta herramienta, basada en principios de biología molecular, ofrece un alto grado de especificidad y confiabilidad. La PCR resulta especialmente útil en investigaciones epidemiológicas y de diagnóstico, ya que facilita una mejor comprensión sobre la distribución y frecuencia de los parásitos en diversas poblaciones, lo que permite diseñar estrategias de control y prevención más eficaces.

Investigaciones anteriores han notificado una elevada prevalencia de NGI en cabras, con tasas de infección que oscilan entre el 50% y el 70% (Rodríguez-Vivas *et al.,* 2001). Entre las especies más comunes se encuentran *Haemonchus contortus* y *Ostertagia ostertag*i en el abomaso; *Cooperia curticei* y *Trichostrongylus colubriformis* en el intestino delgado; y *Oesophagostomum radiatum* en el intestino grueso (Reyes-Guerrero *et al.,* 2021). Las especies con mayor presencia en ovinos han sido *H. contortus*, *C. curticei* y *Trichostrongylus*, registrando conteos promedio de adultos superiores a 1009, 813 y 335, respectivamente (González *et al.,* 2011). Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue llevar a cabo una identificación tanto molecular como morfométrica de los NGI en caprinos de San Juan Diquiyú, Oaxaca, México.

Materiales y métodos

Área de estudio. La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Metabolómica y Artropodología, (CENID-SAI, INIFAP), Jiutepec, Morelos, México. Las primeras 25 muestras fueron tomadas entre las 7:00 y 9:00 hrs al norte de la comunidad de San Juan Diquiyú Oaxaca, México en las coordenadas con Latitud: 17.583154, Longitud: -97.836775 a 1875.91 msnm (Rancho 1). Las otras 34 muestras fueron tomadas entre las 10:20 y las 12:30 hrs al sureste de la comunidad de San Juan Diquiyú Oaxaca, México en las coordenadas con Latitud 17.567511, Longitud - 97.830886 a 1917.77 msnm (Rancho 2).

Obtención de larvas infectantes (L3) de nematodos gastrointestinales. Las muestras de heces fueron recolectadas directamente del recto de cada caprino y depositadas en bolsas de plástico, etiquetadas con el número de identificación correspondiente. Las muestras fueron almacenadas en una hielera a 4 °C y transportadas al Laboratorio de Metabolómica del CENID-SAI, INIFAP para su análisis. Con las muestras se realizaron coprocultivos en placas de Petri y se mantuvieron a 27 ºC durante 7 días. Durante este tiempo se monitoreo diariamente la humedad y oxigenación de los cultivos. Después del periodo de incubación, se recuperaron las larvas L3 eclosionadas mediante la técnica de Baermann. Posteriormente, las larvas L3

se filtraron para eliminar el exceso de detritus y obtener las larvas L3 lo más limpias posibles. Finalmente, se realizó el conteo de larvas L3 para cada muestra colocando 6 gotas de 10 µL en un portaobjeto y se determinó el total de larvas L3 por muestra. Para el análisis molecular se estandarizó trabajar con 100 larvas L3 de cada muestra debido a la buena obtención de rendimientos en DNAg, por lo tanto; de cada muestra se tomó lo correspondiente a un volumen que contuviera aproximadamente 100 larvas L3 dependiendo del conteo.

Identificación morfométrica. Para la identificación morfométrica se colocó una suspensión de larvas en un portaobjetos de vidrio y se añadió una solución de yodo de lugol para paralizarlas y observar mejor las estructuras internas de las larvas L3. Se determinó el largo total de las larvas (LT), el largo de la parte anterior (LA), el largo de la parte media (LM), el largo de la parte posterior (LP) y el largo de la cola a la vaina (LCV) con un microscopio óptico con un ocular con micrometro a 10X y 40X.

Identificación molecular por reacción en cadena de la polimerasa. Para la identificación por PCR, primero se eliminó la vaina de las larvas L3 con una solución de hipoclorito de sodio al 0.187% durante 7 min, posteriormente se realizó la purificación del ADN utilizando la técnica de fenol, cloroformo y alcohol isoamílico, se utilizaron los siguientes pares de primers para detectar los géneros de *Haemonchus*, *Oesophagostomum*, *Cooperia*, *Trichostrongylus*, *Ostertagia*, obtenidos de (Zarlenga *et al.,* 2001). Se utilizó un programa con las siguientes condiciones: Una desnaturalización inicial a 94◦C durante 5 min, seguido de 33 ciclos de desnaturalización a 94◦ C durante 50 s, recocido a 60◦C durante 50 s, extensión a 72◦C durante 50 s y extensión final a 72◦C durante 10 min. Todas las reacciones se llevaron a cabo en un ciclador térmico. Se ajustó el volumen del templado con el fin de obtener aproximadamente 100 ng de DNAg y el agua libre de nucleasas se ajustó para dar un volumen final de 25 µL en la reacción. Los productos amplificados se analizaron en geles de agarosa al 2%.

Resultados y discusión

Identificación morfométrica. De acuerdo a los resultados de la identificación morfométrica solo se lograron detectar los géneros de *Haemonchus* (X LT= 657–693 µm), *Trichostrongylus* (X LT= 695–717 µm) y *Cooperia* (X LT= 680–751 µm). Las diferentes mediciones realizadas pueden observarse en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Promedio de las mediciones (µm) de los diferentes géneros de nematodos gastrointestinales identificados en los dos ranchos de San Juan Diquiyú, Oaxaca, México.

Rancho 1					
Género identificado	**LT**	**LA**	**LM**	**LP**	**LCV**
Haemonchus	693.80	150.55	422.73	116.72	60.24
Trichostrongylus	695.91	161.78	430.62	85.97	43.50
Cooperia	751.00	156.00	481	114.00	59.00
Rancho 2					
Haemonchus	657.91	135.92	374.71	137.04	68.26
Trichostrongylus	717.26	142.93	428.43	131.50	46.33
Cooperia	680.00	136.67	383.33	156.67	90.00

LT: Largo total; LA: Largo de la parte anterior; LM: Largo de la parte media; LP: Largo de la parte posterior; LCV: Largo de la cola a la vaina

Identificación molecular por reacción en cadena de la polimerasa. Acorde con el análisis molecular solo se detectaron los géneros de *Haemonchus* y *Trichostrongylus* en ambos ranchos muestreados. En el caso de *Haemonchus* se obtuvieron amplicones de 176 pb; mientras que, para *Trichostrongylus* amplicones de 243 pb.

Conforme a los resultados obtenidos en el análisis morfométrico se lograron identificar 3 géneros *Haemonchus*, *Trichostrongylus* y *Cooperia*; mientras que en el análisis molecular solo 2 de ellos. Esto puede deberse a que al analizar un número limitado de larvas L3, podría subestimarse la diversidad de géneros presentes en una muestra. Aunque el análisis morfómetrico es uno de los métodos de diagnóstico

más utilizados requiere de personas expertas y una visión muy preparada para la identificación de NGI. En este sentido, el diagnóstico molecular se vuelve más confiable y sensible a las condiciones descritas. Se puede sugerir el diseño de primers más específicos y el uso de controles positivos adecuados para poder potencializar el presente método de diagnóstico.

Conclusiones

La presente investigación destaca las ventajas y desventajas de dos métodos complementarios utilizados para diagnosticar nematodos gastrointestinales en caprinos. Se observó que los enfoques morfológicos y morfométricos pueden servir para una evaluación inicial; sin embargo, presentan restricciones en términos de precisión y sensibilidad, ya que los géneros comparten características similares y la cantidad de larvas analizadas suele ser limitada. En contraste, el diagnóstico molecular se posicionó como una herramienta más precisa y confiable para la identificación específica de géneros como *Haemonchus spp*. y *Trichostrongylus spp*.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al proyecto con número 1135636514 de Recursos Fiscales del INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. González Garduño, R., Córdova Pérez, C., Torres Hernández, G., Mendoza de Gives, P., y Arece García, J. 2011. Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. *Veterinaria México*, *42*(2), 125-135.
2. Reyes-Guerrero, D. E., A. Olmedo-Juárez, and P. Mendoza-De Gives. 2021. Control and prevention of nematodiasis in small ruminants: Background, challenges and outlook in Mexico. Rev. Mex. Ciencias Pecuarias. 12:186–204. doi:10.22319/rmcp.v12s3.5840.
3. Rodríguez-Vivas R., Cob-Galera L. A., Domínguez-Alpizar J. 2001. Frecuencia de parásitos gastrointestinales en animales domésticos diagnosticados en Yucatán, México. Veterinaria zootécnica. Revista Biomedicina, 12:19-25.
4. Zarlenga, D. S., Barry Chute, M., Gasbarre, L. C., and Boyd, P. C. 2001. A multiplex PCR assay for differentiating economically important gastrointestinal nematodes of cattle. Veterinary parasitology, 97(3), 199–209. https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00410-1

DESARROLLO DE UN MÉTODO GENERAL PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE GENÓMICA BACTERIANA: *ESCHERICHIA COLI* DE BOVINOS COMO EJEMPLO.

Erick Cuevas Fernández[1], Carlos Daniel Vázquez Hernández[1], Aurora Labastida Martinez[1*]

[1]OMICS Analysis

[*]Autor para correspondencia: a.labastida@omicsanalysis.mx

Palabras clave: *Escherichia coli*, Bovinos, Genómica, Bacterias

Introducción

El análisis de genomas bacterianos resulta esencial para comprender la virulencia, la resistencia a antibióticos y la dinámica de transmisión de patógenos en sistemas pecuarios. Un proyecto de genómica bacteriana afronta desafíos en el laboratorio y en el procesamiento de datos; en este último, es imprescindible seleccionar un conjunto representativo de genomas y aplicar una estrategia que revele patrones de virulencia y de resistencia a antimicrobianos (RAM) en el grupo estudiado.
Escherichia coli es una especie bacteriana modelo que incluye diversos patotipos capaces de afectar el tracto gastrointestinal, urinario y el sistema nervioso central en humanos. Aunque los bovinos suelen ser portadores asintomáticos de *E. coli* patógena, esta puede excretarse al ambiente o contaminar productos alimenticios. Tal es el caso de *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), asociada a brotes epidémicos a nivel mundial (Nguyen y Sperandio, 2012; Kiranmayi et al., 2010). La carne bovina es un alimento básico; tan sólo en México, en 2022 se reportaron más de 24 millones de cabezas de ganado (INEGI, 2023). Por ello, resulta fundamental monitorear la presencia de patotipos de *E. coli*.

El enfoque genómico permite monitorear y prevenir enfermedades, orientar intervenciones profilácticas y terapéuticas, y aporta hallazgos de gran relevancia para la salud pública. En este trabajo presentamos un estudio comparativo de 80 cepas de *E. coli* aisladas de bovinos de 12 países 30 cepas modelo, mostrando la distribución filogenética, el pangenoma de los aislados y los genes de virulencia y resistencia compartidos, así como las estrategias de organización necesarias para llevar a cabo un análisis de esta envergadura tanto en *E. coli* como en otras especies bacterianas.

Objetivo

Desarrollar un flujo de trabajo robusto y reproducible para el manejo y desarrollo de proyectos de genoma bacteriano.

Materiales y métodos

Se partió de los 3 620 genomas de *E. coli* disponibles en NCBI Refseq hasta noviembre de 2024, conservando sólo 80 con información de ubicación geográfica, denominación de cepa y hospedero bovino, además de una completitud ≥ 90 % y una identidad nucleotídica promedio (ANI) ≥ 96 % con respecto a la especie *E. coli*. El subconjunto fue complementado con 30 genomas de referencia representativos de cada filogrupo (A, B1, B2, F o E) y patotipo: enteropatógena (EPEC), uropatógena (UPEC), enterotoxigénica (ETEC), enteroinvasiva (EIEC), enteroagregante (EAEC), difusamente adherente (DAEC) y enterohemorrágica (EHEC), productora de toxina Shiga (STEC), así como productora de toxina Verocitotoxina (VTEC) (Kaper et al., 2004). Los genomas de las 110 cepas resultantes fueron descargados de NCBI GenBank.

Los genomas se anotaron con Bakta y se sometieron a análisis de pangenoma con Roary. Las secuencias de los genes compartidos por todos los aislados (genoma *core*) se usaron para generar una filogenia por Máxima Verosimilitud, empleando 1000 réplicas de bootstrap. La detección de genes de virulencia y resistencia a antibióticos se realizó mediante BLAST contra la base de datos VFDB y con el software AMRFinder, respectivamente. Todas las herramientas se ejecutaron en un entorno Linux; la fusión, el filtrado y el formateo de datos fueron automatizadas con scripts en Bash y R, y la visualización gráfica se generó en R.

.

Resultados y discusión

El genoma central (*core*) agrupa los genes presentes en al menos el 99 % de las cepas, responsables de funciones celulares básicas y altamente conservados. En nuestro estudio de 110 cepas (cada una con ~4500 genes) detectamos 2 285 genes del genoma *core*.

Las cepas aisladas en bovinos se agruparon en clados diferenciados en el árbol filogenético, lo que permitió inferir su filogrupo (A, B1, B2, F o E) observando su cercanía con respecto a las cepas modelo (de filogrupo conocido) (Figura 1). Los aislados de bovinos se distribuyen en todos los filogrupos. Interesantemente, 17 de las 23 cepas de bovinos de China estudiadas corresponden al filogrupo A, mientras que 20 de los 26 aislados de Estados Unidos pertenecen a los grupos B1 y E.

Se observó que los genes de virulencia más abundantes en todas las cepas son los de modulación inmune, nutrición/metabolismo, adhesión, motilidad y sistemas de secreción de efectores. Destaca la detección exitosa de genes del Sistema de Secreción Tipo III y de efectores característicos de EPEC y EHEC en 9 cepas modelo y 13 cepas bovinas. Asimismo, en estas últimas se identificaron los genes de toxinas Shiga, típicos de EHEC.

También se observó que cada cepa estudiada alberga entre 3 y 31 genes que confieren entre 2 y 20 tipos de resistencia a antibióticos; destacando 30 cepas de 6 países con un mayor número de genes de resistencia a betalactámicos, aminoglucósidos y quinolonas que incluye a las cepas modelo UMNF18 y UMNK88 (ETEC) y a 17 de las 24 cepas de China estudiadas.

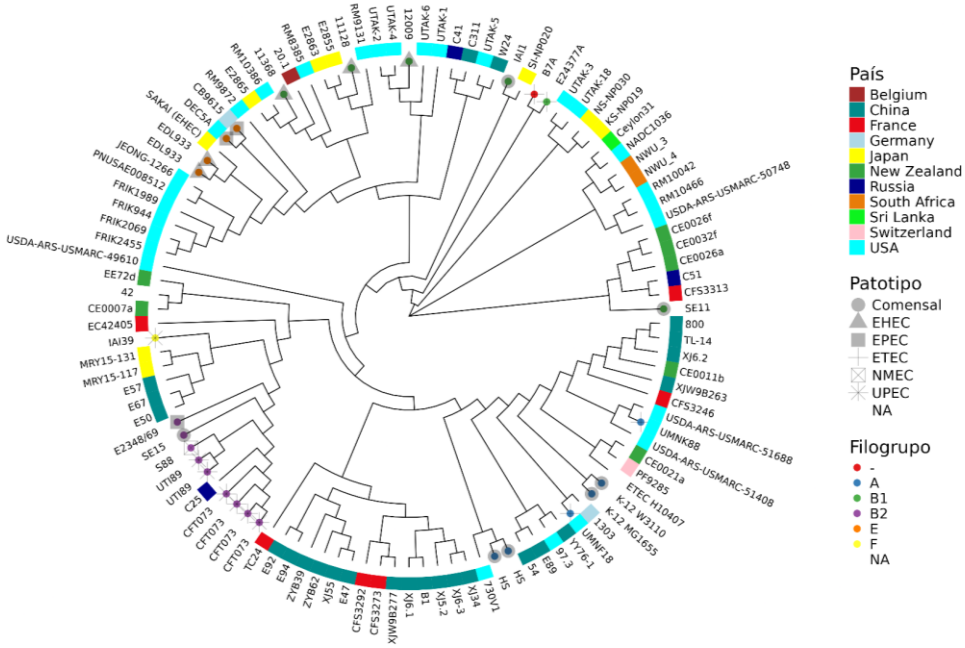


Figura 1. Árbol filogenético de las cepas de *E. coli* extraídas de Bovino y cepas de referencia para patotipos y filogrupos.

Conclusiones

El presente estudio comparativo de 80 cepas de *E. coli* aisladas de bovinos y 30 cepas modelo muestra una base metodológica sólida para el estudio simultáneo del pangenoma, la virulencia y la resistencia a antimicrobianos en bacterias. La selección y filtrado rigurosos del conjunto de datos, garantizaron la robustez y utilidad del análisis. El estudio de pangenoma sumado al análisis filogenético evidenció que las cepas de bovinos abarcan todos los filogrupos de *E. coli*. Por su parte la búsqueda de factores de virulencia y de genes de RAM permitió la detección exitosa de genes distintivos de EPEC y EHEC y de genes de resistencia a múltiples antibióticos en cepas de todos los países. Finalmente, se observaron tendencias geográficas en la presencia de filogrupos y en el perfil de genes de RAM. Con ello mostramos el potencial de nuestra metodología para elucidar la biología de los patógenos y su dinámica de dispersión en el ámbito pecuario.

Agradecimientos y fuente financiadora
El presente trabajo fue financiado por OMICS Analysis.

Referencias bibliográficas

1. Kaper, J., Nataro, J. & Mobley, H. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nat Rev Microbiol* 2, 123–140 (2004). https://doi.org/10.1038/nrmicro818
2. Kiranmayi, C., Krishnaiah, N. and Mallika, E. N. (2010). Escherichia coli O157: H7-An Emerging Pathogen in foods of Animal Origin. Veterinary World. 3(8):382-389.
3. Nguyen Y and Sperandio V (2012) Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC) pathogenesis. *Front. Cell. Inf. Microbio*. **2**:90. doi: 10.3389/fcimb.2012.00090
4. INEGI (2023). Censo Agropecuario 2022. Noviembre de 2023. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ca/2022/doc/ca2022_rdnal.pdf

IDENTIFICACIÓN DE REGIONES GENÓMICAS ASOCIADAS CON RETENCIÓN DE MEMBRANAS FETALES EN GANADO HOLSTEIN EN MÉXICO.

Miguel Angel Vidals-Meza[1*], Héctor Raymundo Vera-Ávila[1], Felipe de Jesús Ruiz-López[2], Adriana García-Ruiz[2], Fernando Villaseñor-González[3], Marina Durán-Aguilar[1]

[1]FCN, UAQ; [2]CENID FyMA, INIFAP; [3]CNRG, INIFAP.

*Autor para correspondencia: mvidals01@alumnos.uaq.mx

Palabras clave: Holstein, Retención de membranas fetales, GWAS.

Introducción

Los Altos de Jalisco es una región importante en la producción lechera en México, ya que predomina un alto número de unidades de producción familiar (UPF). Entre las principales enfermedades reproductivas que enfrentan estas UPF se encuentra la retención de membranas fetales (RMF), una de las enfermedades uterinas más comunes después del parto. Esta enfermedad se define como la incapacidad de expulsar las membranas fetales dentro de las primeras 24 horas, ocasionando infecciones uterinas y disminución en la producción de leche; lo anterior impacta negativamente al desempeño reproductivo y eficiencia productiva. En la región de los Altos, la prevalencia de la RMF en las UPF es alrededor del 8.3 % (Valdivia-Navarro et al., 2025). La presentación de esta patología se debe a diversos factores ambientales, de manejo y genéticos, por ejemplo: la distocia, parto gemelar, nacimientos prematuros, mortinatos y la edad de la vaca (Carrera-Chávez et al., 2019).

El avance de la bioinformática ha permitido aplicar Estudios de Asociación del Genoma Completo (GWAS) para identificar variantes genéticas estadísticamente asociadas a distintas enfermedades y caracteres de importancia pecuaria. En el caso de la RMF, diversos estudios han reportado el uso de marcadores tipo Polimorfismo de un Solo Nucleótido (SNP) asociados a esta patología. (Schwarz et al., 2025; Prakapenka et al., 2024). Hasta el momento, en la base de datos de CattleQTL se han registrado 198 SNP's asociados a RMF, los cuales se distribuyen en trece cromosomas del genoma bovino (Hu, 2017).

El objetivo de este estudio fue identificar regiones genómicas asociadas a marcadores tipo SNP para la RMF en vacas Holstein en México, a fin de contribuir al entendimiento genético de esta patología y apoyar en la toma de decisiones para la mejora de la salud reproductiva en hatos lecheros.

Materiales y métodos

El proyecto se llevó a cabo en vacas Holstein en cuatro establos en el municipio de Tepatitlán de Morelos del sistema producción de leche familiar; región geográfica que presenta un clima subtropical húmedo (Cwa). La recolección de datos se llevó a cabo del 2021 al 2023, donde se recabó la información de la RMF. La presencia de RMF se consideró positiva cuando la vaca no expulsó las membranas fetales después de 24 horas posparto. Se obtuvo una base de datos con 608 registros correspondiente a 475 vacas multíparas que cursaban diferente número de lactaciones (1-9), de estos solo el 16.5% presentó RMF (100 vacas).

Se recolectaron de 30 a 50 pelos de la borla de la cola de la vaca, estos se limpiaron y empacaron en una tarjeta de pelo de GENESEEK Igenity, con previa identificación con el número interno de la vaca y del establo y se mandaron a genotipar con el chip Axiom Bovine 100K Array® (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)

Se realizó un GWAS con un diseño de casos y controles para identificar variantes genéticas asociadas a RMF. Se analizaron 365 animales genotipados, de los cuales se clasificaron como casos aquellos que presentaron la enfermedad y como controles aquellos que no presentaron la patología, durante el proyecto. Los datos genotípicos se sometieron a un control de calidad mediante el software PLINK v1.9, después de su edición y depuración en SAS v9.4. Se excluyeron animales y SNP's, que no cumplían con una tasa de llamado >0.95, con frecuencia del alelo menor >0.05 y un valor de p para el equilibrio de Hardy Weinberg $p > 0.0001$.

Se ejecutaron cuatro análisis GWAS independientes:

1.- Modelo base con datos genotípicos y fenotípicos.
2.- Modelo base ajustado por el Número de Lactancia (NL).
3.- Modelo base ajustado por el efecto de Hato, Año y Estación (HAE).
4.- Modelo base combinado con ambas covariables: NL y HAE.

Los análisis se realizaron bajo un modelo logístico, asumiendo herencia aditiva. Para el control de falsos positivos, se aplicó la corrección de Bonferroni (Formula 1). Los SNP's significativamente asociados fueron posteriormente buscados en la base de datos CattleQTL (Hu, 2017) para identificar regiones genómica relevantes y posibles genes relacionados con la salud uterina y funciones reproductivas. El gráfico de Manhattan se realizó con el software de R v4.4.2

$$\text{Bonferroni} = \frac{-\log10(0.05)}{Número\ de\ SNP's}$$ *Formula 1*

Resultados y discusión

Del total de 365 genotipos analizados, tras aplicar el control de calidad correspondiente, se conservaron 82,468 marcadores y 364 genotipos, de estos 62 fueron casos y 32 controles.

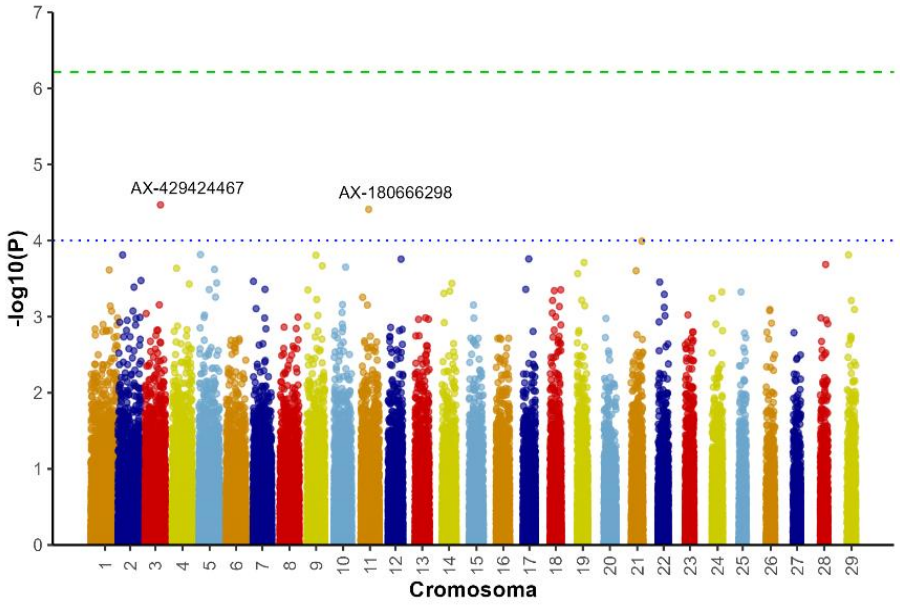
En los cuatro modelos se identificaron dos regiones genómicas como posibles candidatas de asociación para la RMF con un nivel de significancia de p < 1e-4, línea azul. Al ajustar este nivel con la corrección de Bonferroni no fueron significativos, línea verde (Figura 1.).

El primer SNP se localizó en el cromosoma 3 en la posición 90,871,760 con un valor de p 3.388e-05 y el segundo se localizó en el cromosoma 11 en la posición 45,102,435 con un valor de p 3.885e-05.

La aplicación de modelos GWAS con diferentes covariables permitió identificar dos SNP's significativamente asociados a la presentación de RMF. La inclusión de covariables como el NL y HAE mejoró la capacidad de detección de señales genéticas significativas, lo cual resalta la importancia de considerar factores ambientales y fisiológicos en el análisis de caracteres complejos.

Al consultar la base de datos CattleQTL (Hu, 2017), se encontró que el SNP AX-429424467 está previamente reportado y está asociado a mastitis clínica, una condición vinculada al estado inmunológico postparto. El SNP AX-180666298 no ha sido reportado anteriormente, lo que sugiere un posible hallazgo innovo que requiere validación adicional.

Figura 1. Retención de membranas fetales.



Conclusiones

Se encontraron dos SNP's significativos asociados a RMF en vacas Holstein en México. Uno de ellos coincide con una región previamente asociada a mastitis clínica, lo que da pauta a vínculos genéticos entre ambas afecciones. Se recomienda realizar estudios posteriores para la validación y ampliación de la muestra, con el fin de fortalecer las aplicaciones prácticas de estos hallazgos en la selección asistida por marcadores.

Agradecimientos y fuente financiadora
Agradezco a los productores de los establos que permitieron el acceso a sus instalaciones para el monitoreo de sus animales y poder recabar la información.
Agradezco a la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) por los fondos del FONFIVE folio 073FCN2024 aprobados para las visitas de campo y captura de información.
Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo financiero otorgado para la realización de este proyecto y poder presentarlo en este congreso.

Referencias bibliográficas

1. Valdivia-Navarro, J., Ramírez-Hernández, R., Monteil-Olguín, L. J., Espinosa-Martínez, M. A., Vera-Ávila, H. R., Estrada-Cortés, E. (2025). Asociación entre la retención de membranas fetales, endometritis clínica y el desempeño reproductivo de vacas Holstein en el sistema familiar de producción de leche. Rev. Mex. Cienc. Pecu., 16(1): 69-80.
2. Carrera-Chávez, J. M., Marmolejo-Aldana, C. A., Escárcega-Ávila, A. M., Itzá-Ortiz, M. F., Orozco-Lucero, E., Pérez-Eguia, E., Quintero-Elisea, J. A., Quezada-Casasola, A. (2019). Factores de riesgo asociados con placenta retenida en ganado lechero en el norte de México. Ecosist. Recur. Agropec., 6(18): 573-579.
3. Schwarz, L., Heise, J., Bennewitz, J., Thaller, G. & Tetens, J. (2025). Genomic insights: Disentangling milk yield and reproduction performance in first-lactation German Holstein. J. Dairy Sci., 108(6) : 6114-6129.
4. Prakapenka D., Liang, Z., Zabza, H. B., VanRaden, P. M., Van Tassell, C. P. & Da, Y. (2024). Large-Sample Genome-Wide Association Study of Resistance to Retained Placenta in U.S. Holstein Cows. Int. J. Mol. Sci., 25: 5551-5561.
5. Hu, Z. L. (2017). The animal Quantitative Trait Loci Database (Animal QTLdb) [Base de datos]. National Animal Genome Research Program (NAGRP). Recuperado de https://www.animalgenome.org/cgi-bin/QTLdb/BT/browse

EXPRESIÓN DIFERENCIAL MEDIANTE RT-qPCR DE GENES ASOCIADOS A LA VIRULENCIA EN *BABESIA BIGEMINA*.

Rebeca Montserrat Santamaria-Espinosa*[1], Julio V. Figueroa-Millán[1], Grecia Martínez- García[1], José Juan Lira-Amaya[1], Carmen Rojas- Martínez[1], Jesús Antonio Álvarez- Martínez[1]

[1]CENID-SAI, INIFAP
*Autor para correspondencia: santamaria.rebeca@inifap.gob.mx

Palabras clave. Genes de virulencia, expresión diferencial, *Babesia bigemina*.

Introducción

Babesia bigemina es un protozoario intraeritrocitico obligatorio perteneciente al *Phylum Apicomplexa*, y es uno de los agentes causales de la babesiosis bovina en México y el mundo. La distribución de esta enfermedad está delimitada en regiones tropicales y subtropicales, es considerada una de las enfermedades más importantes transmitida por las garrapatas *Rhipicephalus* spp. Trabajos de investigación en el CENID-SAI, INIFAP, han demostrado que una cepa de *B. bigemina* mantenida por pases continuos en cultivo *in vitro* se ha mantenido como una población atenuada al no afectar significativamente los valores hematológicos en animales inoculados. La cepa atenuada de *B. bigemina* denominada “SEED”, ha inducido protección frente al desafío heterólogo con sangre o garrapatas infectadas en condiciones controladas y de campo. Por lo antes mencionado, el objetivo del presente estudio fue analizar la expresión diferencial de genes asociados a la virulencia, en una cepa atenuada *Vs* una cepa virulenta de *B. bigemina*, que han sido utilizadas como vacuna experimental y cepa de desafío, respectivamente.

Materiales y métodos

Se emplearon seis bovinos experimentales (*Bos taurus*), para la recuperación de las cepas virulenta (n=3, GI) y atenuada (n=3, GII) de *B. bigemina*, inoculando una dosis de 1 x 10^8 de eritrocitos infectados, de cada una de las cepas, mediante la vía IM. Cabe mencionar que el manejo de los animales experimentales durante el estudio se realizó con la aprobación del Subcomité Institucional de la FMVZ de la UNAM, para el Cuidado y Uso de Animales Experimentales. Posteriormente se realizó una extracción del RNA total de los protozoarios utilizando el kit comercial Rneasy Mini (Qiagen®). Las muestras de interés fueron cuantificadas mediante RT-qPCR con ayuda de un termociclador Light Cycler 96 (Roche®). Para realizar las amplificaciones por PCR en tiempo real, se emplearon oligonucleótidos específicos diseñados para cada uno de los genes de interés. Para el diseño de éstos se utilizó la herramienta Primer-BLAST del NCBI (Primer designing tool (nih.gov)) que usa el programa Primer3, y BLAST para verificar, por comparación frente a las bases de datos del GenBank, la especificidad de los oligonucleótidos hacia los genes de interés. La RT-qPCR se realizó en dos pasos, en el primer paso se obtuvo la síntesis de cDNA a partir de 250 ng de RNA de eritrocitos infectados con cada una de las cepas de *B. bigemina*, empleando la mezcla para reacción del kit ImProm-II Reverse Transcription System, (PROMEGA®). Finalmente, las reacciones fueron incubadas para su síntesis a 25 ˚C por 5 minutos, seguido de 42 ˚C por 60 minutos, 70 ˚C por 15 minutos y 4 ˚C por 5 minutos. El segundo paso fue mediante la mezcla de cada uno de los oligonucleótidos específicos para los genes de interés. El volumen final de las reacciones fue de 20 µl, esta mezcla incluye el cDNA blanco y la mezcla de reacción del kit Fast Start Essential DNA Green Master (Roche®). Es importante mencionar que cada uno de los genes de interés se realizó con sus tres réplicas técnicas. Se realizó el análisis de expresión relativa de los genes de interés mediante el uso de valores del número de ciclos, en los que la fluorescencia de amplificación rebasa el umbral de detección (Cq/Ct). Los datos obtenidos por el termociclador fueron obtenidos mediante la reacción de qPCR en cada una de las cepas de *B. bigemina*, con sus respectivas réplicas técnicas. Se utilizo el software bioinformático GeneGlobe Data Analysis Center ® (https://www.qiagen.com/mx/shop/genes-andpathways/data-analysis-center-overview page/?akamai-feo=off). El software ofrece la posibilidad de llevar a cabo una normalización mediante el uso del método de la ΔΔCT, el cual consiste en la división de la ΔCT (cambio en la expresión de los genes de interés en relación al gen constitutivo de β-actina). Además, el software bioinformático también calcula los valores p, mediante la prueba t de Student utilizando los valores ΔΔCT para cada gen.

Resultados y discusión

Una vez que se verificó la ausencia de DNA en las muestras de RNA total, se llevó a cabo la síntesis de cDNA, la eficiencia de síntesis fue alta obteniéndose concentraciones en el rango de 1,036.4 – 1,449.2 ng / µL. Se empleó el cDNA obtenido para llevar a cabo los qPCR, con el propósito de analizar la expresión de los genes de interés. Para determinar la eficiencia de la amplificación en el análisis de expresión, se realizaron curvas estándar para cada uno de los genes de interés. Los resultados obtenidos en el análisis de expresión diferencial en algunos de los genes de interés previamente seleccionados muestran que hay una sub-expresión y sobre-expresión génica. Por otro lado, es importante mencionar que se tomaron como referencia genes previamente reportados en estudios de la comparación genómica y transcriptómica de estas mismas cepas virulenta y atenuada de *B. bigemina,* derivadas de México y generados en el CENID-SAI, INIFAP. La mayoría de los genes de virulencia son proteínas quinasas (PKA), que es una familia de enzimas que modifican otras proteínas añadiendo fosfatos. Así mismo, se tiene bien conocido que la fosforilación por PKA regula procesos celulares importantes como la transcripción, traducción, síntesis de proteínas, ciclo celular y apoptosis en parásitos *Apicomplexa*. Los resultados obtenidos en el presente estudio se logran visualizar en el diagrama de dispersión una comparación de la expresión normalizada de cada gen en una matriz entre la cepa atenuada (grupo control) *Vs* la cepa virulenta (Grupo I). De esta forma se visualiza en la figura 1, una línea diagonal en el centro indicando la expresión génica sin cambios para cada una de las cepas, considerando un gen constitutivo (actina), sin embargo, las líneas diagonales hacia la izquierda y la derecha indican cambios en la sobre regulación / sub-regulación, respectivamente de los genes, se observa que los genes con sobre-expresión son: antígeno 12d3 XP_012766430; gen asociado a XP_012770153 Proteína con dominio de repetición MORN, putativa; el gen XP_012770178 helicasa de DNA RuvB like 2, putativo; XP_012770153 Proteína MORN; y Quinasa dependiente de calcio, para la cepa virulenta (puntos amarillos), y el gen sub expresado es el gen asociado a XM_012913759.1 proteína de la familia Quinasa difosfato, putativa (punto azul). Finalmente, es importante mencionar que en algunos organismos *Apicomplexa* como *Babesia* spp., se han identificado dentro de los genomas algunas vías de señalización indispensables en la salida e invasión de su célula blanco, especialmente puede estar involucrado el calcio, interactuando intracelular y extracelularmente. Además, las proteínas de la familia quinasas, controlan muchos aspectos del ciclo celular en eucariotas, especialmente en organismos *Apicomplexa*, estas últimas regulan señales extracelulares, como procesos de fosforilación. Paralelamente, en la presencia del protozoario, hay una activación de la respuesta inmune por parte del bovino, en donde hay liberación de enzimas proteolíticas e inmunocomplejos, lo cual desencadena una coagulación intravascular diseminada (CID), conforme continua el ciclo biológico. Es decir, tras la invasión de nuevos eritrocitos hay lisis celular, lo que conduce a una anemia hemolítica, hemoglobinuria, presencia de pirógenos (IL-1). Respecto a la respuesta inmune, va a ir ligada a la edad del bovino, ya que existen antecedentes de que en becerros infectados con Babesia, su respuesta inmune innata es fundamental, sus macrófagos se activan con mayor rapidez, además de presentar mayor expresión de IL-12 e IFN-γ en el bazo, a diferencia de un bovino adulto. Cabe señalar que el efecto inmunopatogénico de cada caso, dependerá de la virulencia de la cepa de *Babesia* spp., la edad del bovino, la nutrición y estado inmunológico.

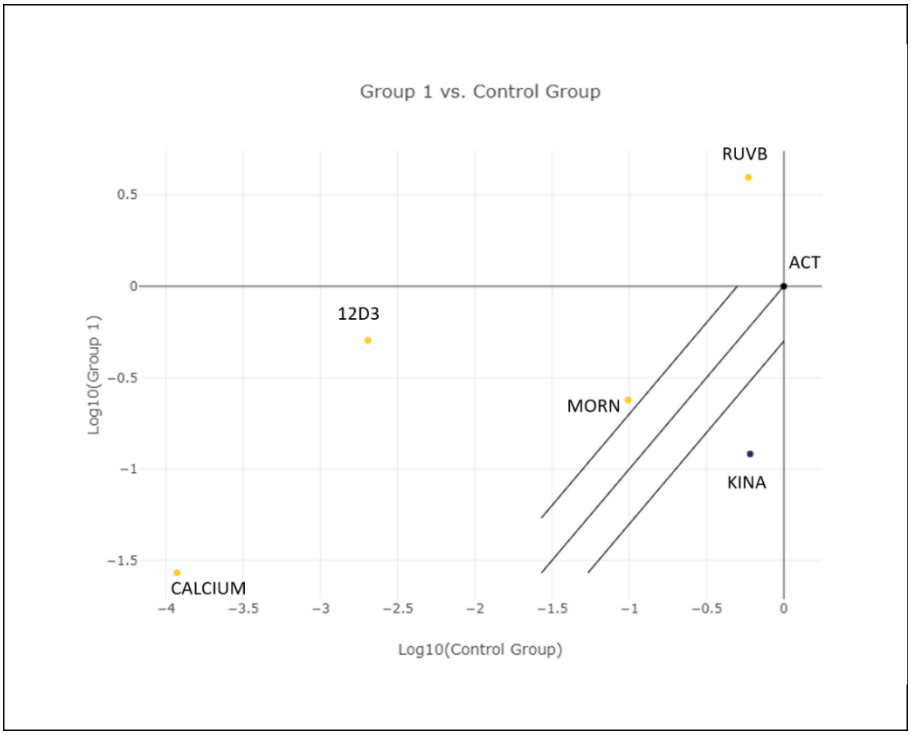


Figura 1. Cuantificación relativa de algunos genes de interés asociados a la virulencia de B. bigemina. La línea diagonal central indica una expresión génica sin cambios, las líneas diagonales hacia la izquierda y derecha indican cambios en la sobre-regulación / sub-regulación, respectivamente, de los genes sobre-regulados (puntos amarillos), y el gen sub-regulado (punto azul).

Conclusiones

Se encontraron genes diferencialmente expresados, asociados con la virulencia, destacando los que codifican por proteínas de la familia quinasa (quinasa dependiente de calcio) y al antígeno 12D3, especialmente con sobre-expresión en la cepa virulenta en comparación de la cepa atenuada de *B. bigemina*. Estos datos brindan información importante para comprender mejor los procesos y vías de señalización asociados a la virulencia, de cada una de las cepas de *B. bigemina* utilizadas en este estudio. Así mismo, los resultados obtenidos nos permitirán disponer de genes diana para diseñar estrategias de intervención específicas, como el desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico, vacunas y/o medicamentos innovadores, en el bloqueo de vías de señalización indispensables en expresión de genes de virulencia.

Agradecimientos y fuentes financiadoras

El presente trabajo fue financiado por el proyecto CONACYT No. A1-S-43508 e INIFAP No. 1481036208.

Referencias bibliográficas

1. Bock RE, Jackson L, De Vos AJ, Jorgensen W. 2004. Babesiosis of cattle. Parasitol; (4):247- 269.
2. Figueroa JV, Cantó GJ, Álvarez JA, Loza GR, Ramos JA, Vega CA. 1998. Capacidad protectora en bovinos de una cepa de Babesia bigemina derivada del cultivo in vitro. Tec. Pecu. Méx. 36(2): 95-100.
3. Sachman RB, Lozano L, Lira JJ, Martínez G, Rojas C, J. Álvarez A, Figueroa JV. 2021. Comparative genomic study of attenuated and virulent strains of Babesia bigemina. Pathogens. (10), 318: 1-11.
4. Santamaria RM, Estrada K, López ME, Rojas E, Martínez G, Alcalá Y, Rojas C, Álvarez JA, Lira JJ., Santamaria TV, Sánchez FA, Figueroa JV. 2024. Comparative Transcriptome Analysis of *Babesia bigemina* Attenuated Vaccine and Virulent Strains of Mexican Origin. *Vaccines*, *12*(3), 309.

TRANSCRIPTOMA HEPÁTICO EN CORDEROS PELIBUEY SUPLEMENTADOS CON UNA MEZCLA HERBAL RICA EN FOSFATIDILCOLINA: EFICIENCIA PRODUCTIVA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.

José Felipe Orzuna-Orzuna[1], Alejandro Lara-Bueno[1], Adrián Gloria-Trujillo[2]*, Germán David Mendoza-Martínez[2], Luis Alberto Miranda-Romero[1], Pedro Abel Hernández-García[3]

[1]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México. [2]Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México. [3]Centro Universitario Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: agloria@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave. Fitobiótico, genes, rumiantes.

Introducción

Los aditivos herbales son productos derivados de plantas que aportan compuestos fitogénicos con propiedades biológicas y terapéuticas. Por su capacidad antimicrobiana, antioxidante, antiinflamatoria (Pandey *et al*., 2019) y reguladora de los mecanismos moleculares en la célula pueden definir el fenotipo productivo de un animal. El uso de una mezcla herbal a base de *Andrographis paniculata*, *Azadirachta indica*, *Citrullus colocynthis*, *Achyrantes aspera* y *Trachyspermum ammi* en becerras ha demostrado fortalecer la respuesta inmune innata y modular el metabolismo energético para favorecer su transición de pre-rumiantes a rumiantes (Díaz *et al*., 2020). No obstante, en rumiantes el completo desarrollo de la cavidad retículo-rumen puede modificar el perfil de metabolitos aportados por el aditivo herbal mediante su actividad microbiana. Los borregos como modelo de estudio son de fácil manejo y rápido crecimiento, además de ser una especie de interés económico para la producción de carne. Su uso en la investigación de rumiantes permite evaluar estrategias nutricionales que promuevan el crecimiento y puedan reemplazar el uso de antibióticos en la producción animal y su efecto en el desarrollo de resistencia por parte de los microorganismos. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un aditivo herbal rico en fosfatidilcolina en el comportamiento productivo y transcriptoma hepático de corderos Pelibuey.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la granja experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México en donde treinta y seis corderos machos Pelibuey (23.61 ± 0.57 kg peso vivo y 4 – 5 meses de edad) fueron distribuidos en un diseño completamente al azar en cuatro grupos experimentales (9 repeticiones por grupo) alimentados con una dieta basal (Testigo; 15.8% proteína cruda y 1.25 Mcal ENg), y niveles crecientes (0, 2.5, 5 y 7.5 g/Kg MS) de una mezcla poliherbal (BioCholine®: *Andrographis paniculata*, *Azadirachta indica*, *Citrullus colocynthis*, *Achyrantes aspera*, y *Trachyspermum ammi* (Nuproxa, México) rica en fosfatidilcolina (1.6%). Durante el periodo experimental (56 d) se midió el consumo de alimento, los cambios de peso vivo y la conversión alimenticia. La matanza de los corderos se realizó al día 56, e inmediatamente se tomaron muestras de hígado del grupo testigo y del grupo herbal que mostró mejor desempeño productivo (7.5 g herbal/Kg MS). Un total de 100 mg de tejido por triplicado fueron colectados dentro de los 20 min posteriores al sacrificio y estabilizados en DNA/RNA Shield a -80°C hasta su posterior uso. La extracción de RNA se realizó utilizando el método de Trizol (Ambion). A partir del RNA extraído, se obtuvieron dos pools (Testigo vs Herbal) de 30,000 ng de RNA cada uno a partir del cual se realizó un Microarreglo Heterólogo de DNA (M22K – *Mus musculus* – 24,341 aplicaciones). Mediante la herramienta GenArise se identificaron los genes diferencialmente expresados (DEG) con un Z-score ≥ 1.5. Para el enriquecimiento funcional de rutas metabólicas se utilizó la herramienta bioinformática DAVID (Fold enrichment, EASE ≤ 0.05). Los datos de las variables de comportamiento productivo se analizaron con SAS. La normalidad de los datos se evaluó con PROC UNIVARIATE NORMAL. Se evaluó el efecto lineal y cuadrático mediante polinomios ortogonales (P≤0.05).

Resultados y discusión

La inclusión de 7.5 g/kg MS de la mezcla herbal incrementó, con respecto al testigo, el consumo de materia seca 5.55% y la ganancia diaria de peso 19.16% (P≤0.05). El peso final tendió a aumentar 9.46% (P=0.08) y la conversión alimenticia se redujo linealmente 16.6% (P=0.02) mostrando un mayor efecto con este nivel de inclusión del aditivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comportamiento productivo de corderos Pelibuey suplementados con niveles crecientes de un aditivo herbal* rico en fosfatidilcolina

	Dieta basal + g Herbal/Kg MS					Valor de p	
Variable	0	2.5	5	7.5	EEM	Lineal	Cuadrático
Peso inicial, kg	23.22	23.91	23.52	23.78	0.597		
Peso final, kg	40.49	41.35	41.96	44.32	1.573	0.08	0.73
Ganancia diaria de peso, kg/d	0.308	0.311	0.329	0.367	0.015	0.01	0.33
Consumo de materia seca, kg/d	1.333	1.328	1.344	1.407	0.032	0.02	0.27
Conversión alimenticia	5.06	4.85	4.37	4.22	0.218	0.02	0.92

* P: probabilidad, BioCholine®: *Andrographis paniculata*, *Azadirachta indica*, *Citrullus colocynthis*, *Achyrantes aspera*, and *Trachyspermum ammi* (Nuproxa, México), EEM: error estándar de la media

A nivel del hepatocito, el aditivo favoreció la expresión diferencial de 2,312 genes con un Z-score≥1.5, de los cuales 1,135 y 1,177 DEG se comportaron a la baja, y al alza, respectivamente. Los DEG a la baja enriquecieron las vías replicación de DNA (P=0.003, Fold enrichment: 4.7), metabolismo de tirosina (P=0.006 Fold enrichment: 4.1), red inmune intestinal para la producción de inmunoglobulinas A (P=0.009 Fold enrichment: 3.8), metabolismo de fármacos (P=0.003 Fold enrichment: 3.8), ruta de señalización TGF-β (P=0.007 Fold enrichment: 2.7) y amoebiasis (P=0.0056 Fold enrichment: 2.6). En contraste, los DEG al alza enriquecieron los procesos enfermedad de hígado graso no alcohólica (P=0.000028 Fold enrichment: 3.5), fosforilación oxidativa (P=0.0033 Fold enrichment: 2.8), carcinogénesis química - ROS (P=0.0016 Fold enrichment: 2.4), enfermedad de Parkinson (P=0.0038 Fold enrichment: 2.2) y enfermedad priónica (P=0.01 Fold enrichment: 2.0). El efecto del herbal en el metabolismo del oxígeno en la fosforilación oxidativa a nivel del complejo I – NADH: ubiquinona oxidoreductasa, complejo III – Citocromo c reductasa, complejo IV – Citocromo c oxidasa y complejo V – ATPasa (Figura 1) es la reducción de ROS al incrementar la velocidad de deselectronización de sustratos, disminuir el estrés oxidativo, prevenir la oxidación de proteínas, la peroxidación de lípidos y el daño al DNA (Morio et al., 2021). Kolath et al. (2006) señalan que, en ganado bovino, una mayor tasa de respiración mitocondrial está relacionada con mayor productividad al mejorar la eficiencia alimenticia

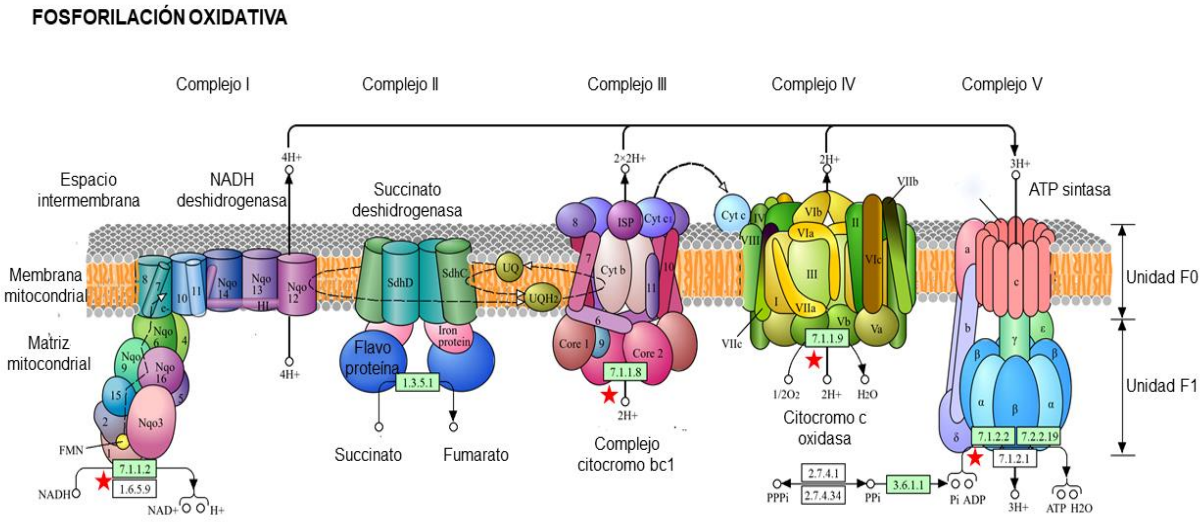


Figura 1. En la fosforilación oxidativa el aditivo herbal modifica la expresión de genes (estrellas rojas) del complejo I – NADH: ubiquinona oxidoreductasa (Ndufc1, Z-score – Zs:2.66; Ndufa1 Zs:2.47, Ndufb4 Zs:1.9, Ndufv2 Zs:1.85, Ndufa3 Zs:1.77), complejo III – Citocromo c reductasa (Uqcr10 Zs:1.99, Uqcrfs1 Zs:1.87, Uqcrq Zs:1.78), complejo IV – Citocromo c oxidasa (Cox7a2l Zs:1.55, Cox6b1 Zs:1.51) y complejo V (Atp5l Zs: 1.7).

Otro proceso biológico enriquecido con los DEG al alza es el Glutatión y Metabolismo de un Carbono (Fold enrichment: 3.7, p=0.043). La homocisteina puede ser reciclada a metionina en una vía dependiente de

folato/colina o ser rápidamente convertida a cistationina por la proteína cistationa β-sintetasa codificada por el gen Cbs (Zs: 2.23) y después a taurina o glutatión (antioxidantes intracelulares) vía transulfuración mediante la enzima glutatión sintetasa (Gss, Zs: 1.72). Hao *et al*. (2025) señalan al glutatión como promotor del comportamiento productivo y metabolismo de nutrientes, así como regulador del estrés oxidativo y la respuesta inflamatoria en bovinos de leche.

Conclusiones

La suplementación de 7.5 g Herbal/Kg MS en borregos Pelibuey promueve la expresión de genes en el hepatocito que incrementan la eficiencia productiva al favorecer el metabolismo energético y la capacidad antioxidante.

Agradecimientos

El primer autor agradece al CONACYT la beca para el desarrollo de sus estudios de doctorado. También, agradecemos a Nuproxa México S. de RL. de CV. por la donación del aditivo herbal utilizado en este estudio.

Fuente financiadora

Este estudio no recibió financiamiento externo adicional al otorgado por la Universidad Autónoma Chapingo.

Referencias bibliográficas

1. Díaz GC., Méndez OET., Martínez GD., Gloria TA., Hernández GPA., Espinosa AE., Palacios MM., Lara BA., Mendoza MGD., Velázquez CLA. 2021. Influence of a Polyherbal Mixture in Dairy Calves: Growth Performance and Gene Expression. Frontiers in Veterinary Science. 7:623710. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.623710
2. Hao Y, Jiang X, Sun R, Bai Y, Xu C, Song Y, Xia C. 2025. Effects of Supplementing Rumen-Protected Glutathione on Lactation Performance, Nutrients, Oxidative Stress, Inflammation, and Health in Dairy Cows During the Transition Period. Veterinary Sciences. 12(2):84. https://doi.org/10.3390/vetsci12020084
3. Kolath HW., Kerley SM., Golden WJ., Keisler HD. 2006. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. Journal of Animal Science. 84(4): 861-865. https://doi.org/10.2527/2006.844861x
4. Morio B., Panthu B., Bassot A., Rieusset J. 2021. Role of mitochondria in liver metabolic health and diseases. Cell Calcium. 94:102336. https://doi.org/10.1016/j.ceca.2020.102336
5. Pandey AK., Kumar P., Saxena MJ. 2019. Feed Additives in Animal Health. In: Gupta, R., Srivastava, A., Lall, R. (eds) Nutraceuticals in Veterinary Medicine. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04624-8_23

INTERACCIÓN MOLECULAR DE UNA ENOLASA DE *Anaplasma marginale* CON PROTEÍNAS DE ERITROCITOS Y DE INTESTINO DE GARRAPATA.

Maria del Socorro López-López[1] Rosa Estela Quiroz-Castañeda[1*] Hugo Aguilar-Díaz[1], Armando Burgos-Solorio[2]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP, [2] Centro de Investigaciones Biológicas, UAEM

*Autor para correspondencia: quiroz.rosa@inifap.gob.mx

Palabras clave: proteínas multifuncionales, Anaplasmosis, iELISA.

Introducción

Anaplasma marginale es el agente causal de la anaplasmosis bovina, es una enfermedad transmitida por garrapatas y otros vectores. Provoca anemia hemolítica, pérdida de peso, abortos y, en algunos casos, la muerte del ganado (González *et al*., 2014). Esto representa un impacto económico de hasta 100 millones de dólares anuales en países como México y Estados Unidos (INIFAP, 2024). Actualmente, no existe una vacuna comercial eficaz contra *A. marginale*, y las estrategias previas basadas en proteínas como las Major Surface Proteins (MSPs) han mostrado una protección parcial, limitada por la alta diversidad genética de las cepas y la capacidad del patógeno de evadir el sistema inmunológico. Por ello, resulta crucial explorar alternativas innovadoras que permitan comprender mejor los mecanismos de invasión del patógeno y diseñar estrategias efectivas de control y prevención. La enolasa, una proteína multifuncional presente en *A. marginale*, ha mostrado un papel potencial en la invasión celular al interactuar con proteínas del eritrocito (como estomatina y espectrina) y del vector la garrapata *Rhipicephalus microplus* (fibronectina) (Quiroz et al., 2023). Este trabajo pretende elucidar la interacción molecular mediante ensayos de unión en microplaca entre la proteína multifuncional AmEno15 de *Anaplasma marginale* con proteínas de eritrocitos y de intestino de garrapata con el propósito de desarrollar estrategias novedosas para bloquear el proceso de invasión del patógeno y su replicación en el vector de transmisión.

Materiales y métodos

Expresión recombinante de AmEno15

La enolasa de *A. marginale* (AmEno15) de la cepa MEX-15-099-0 fue clonada en el vector de expresión pET32a (+) y se expresó en células de la bacteria *Escherichia coli* cepa Rosetta (DE3). La inducción de la AmEno15 fue con 0.8 mM IPTG (Isopropil-β-D-1-tiogalactopiranósido). AmEno15 tiene un peso molecular aparente de 64 kDa.

Ensayo de unión en microplaca

Se recubrió una placa de 96 pozos con 100 µL de una solución de la proteína ligando (espectrina, estomatina y fibronectina a 3 µg/mL). La placa se incubó durante toda la noche a 4°C. Posteriormente, se realizó un lavado con PBS-Tween 20 durante 3 minutos para eliminar el ligando no unido, se bloqueó con BSA 0.05% durante 2 horas a 37°C. Se realizó un lavado con PBS-Tween 20 por 3 minutos y se añadieron 100 µL de AmEno15 o BSA (como control negativo) de cada una de las siguientes concentraciones: 0.0195, 0.039, 0.078, 0.156, 0.312, 0.625, 1.25, 2.5, 5, y 10 µg/mL. Se incubó por 2 horas a 37°C, se realizó un lavado con PBS-Tween 20 y se agregaron 100 µL de anticuerpo monoclonal anti-TrxTag de ratón y se incubó durante 1 hora a 37°C. Se realizó un lavado con PBS-Tween 20 y se incubo 1 hora a 37° C con 100 µL de un anticuerpo secundario de cabra conjugado con peroxidasa de rábano picante (HRP) durante 1 hora a 37°C. Se realizó un último lavado con PBS-Tween 20 durante 3 minutos y se revelo añadiendo 100 µL del sustrato 3,3',5,5'-tetrametilbencidina (TMB), que reacciona con la HRP para producir un color. La reacción se incubó durante 15 minutos y se detuvo con 100 µL de ácido sulfúrico 2M. La absorbancia se midió inmediatamente a 450 nm en un lector de microplacas.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa STATISTICA versión 7. 0 (StatSoft, 2002). Se realizó un ANOVA de una vía con el Test de Levene´s, bajo la hipótesis nula “las varianzas son iguales” para que ocurra el p valor debe ser mayor a 0.05. Posteriormente se aplicó la prueba post hoc, de rango múltiple de Duncan que es una prueba

paramétrica y permite determinar las medias que son significativamente diferentes entre sí. Este análisis se aplica para las tres proteínas analizadas.

Resultados y discusión

Ensayos de unión en microplaca

La AmEno15 se une a la proteína de eritrocito espectrina de una manera dependiendo de la concentración. Mientras que la unión de la proteína control (BSA) con la espectrina tiene un nivel basal que es independiente de la concentración (Fig. 1). En tanto que la unión de AmEno15 con la proteína de eritrocito estomatina es independiente de la concentración (Fig. 2).

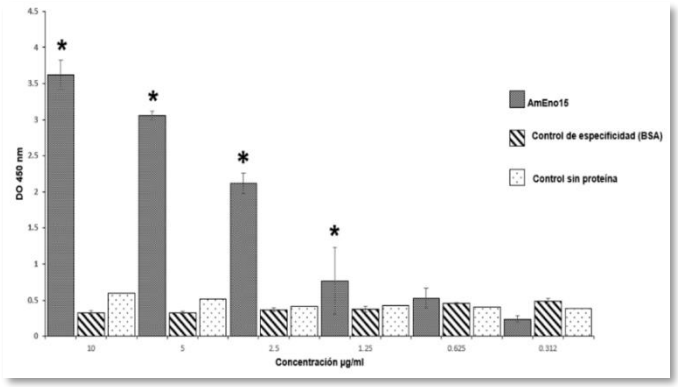


Fig.1 Unión especifica de AmEno15 con Espectrina, los asteriscos indican diferencias significativas estadísticamente en comparación con la unión de BSA a la misma concentración ($p < 0.01$).

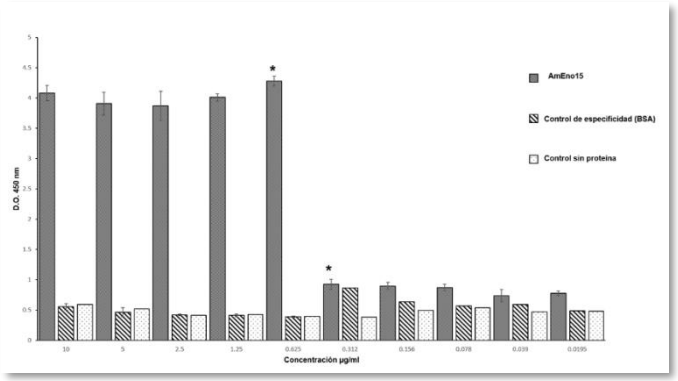


Fig.2 Unión especifica de AmEno15 con Estomatina, los asteriscos indican diferencias significativas estadísticamente en comparación con la unión de BSA a la misma concentración ($p <$

La AmEno15 se une a la proteína del intestino de la garrapata fibronectina de manera dependiente de concentración, mientras que la proteína control (BSA) mostró una unión basal (Fig. 3).

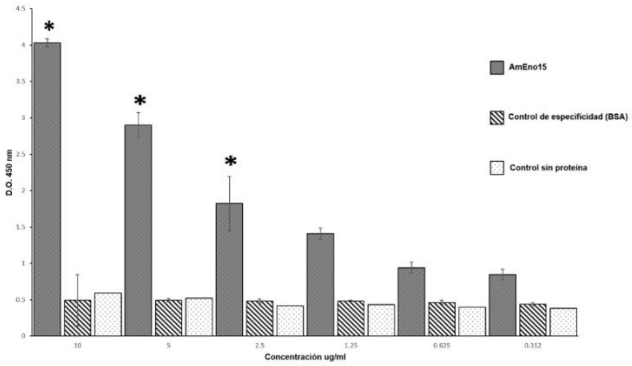


Fig.3 Unión especifica de AmEno15 con Fibronectina, los asteriscos indican diferencias significativas estadísticamente en comparación con la unión de BSA a la misma concentración ($p < 0.01$).

De acuerdo con estos resultados se sugiere que AmEno15 se une de manera específica a espectrina y fibronectina de forma dosis-dependiente, lo que sugiere su potencial participación como proteína de unión a eritrocito en el proceso de invasión y como proteína de adhesión al intestino del vector dentro del proceso de replicación.

Conclusiones

Este trabajo muestra la primera evidencia de unión entre la proteína multifuncional AmEno15 de *A. marginale* con proteínas de eritrocito (espectrina y estomatina), lo que permite elucidar parte del proceso de invasión del patógeno, el cual hasta la fecha no se había descrito.

De igual forma, este trabajo presenta la primera evidencia de unión de AmEno15 con la proteína de intestino de *R. microplus***,** lo que contribuye a comprender el proceso de replicación de *A. marginale* en el vector de transmisión**.**

Este trabajo es el primer reporte de la función secundaria de la proteína multifuncional AmEno15 lo que representa una alternativa novedosa que podría sentar la base para el diseño de estrategias de prevención de la anaplasmosis.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el proyecto CONAHCYT Ciencia de Frontera CF-2003-I-2600.

Referencias bibliográficas

1. Alberto, D. S. A., Siomara, M. M., Damarys, R. V., Laura, P. G. C., & Belkis, C. G. (s. f.). Transcripción de genes de proteínas de membrana de un aislamiento cubano de *Anaplasma marginale.* http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2016000100010
2. Aubry P, Geale DW. A review of Bovine anaplasmosis. Transbound Emerg Dis. 2011;58: 1–30. doi:10.1111/j.1865-1682.2010.01173.x
3. FAO. Food and Agriculture Organization. Animal production and health. Economical analysis of animal diseases. 2016.
4. Quiroz-Castañeda RE, Aguilar-Díaz H, Amaro-Estrada I. An alternative vaccine target for bovine Anaplasmosis based on enolase, a moonlighting protein. Front Vet Sci. 2023;10: 1225873. doi:10.3389/fvets.2023.1225873

ANÁLISIS DEL ADN OCULTO EN LA MIEL: UNA HERRAMIENTA GENÓMICA PARA EXPLORAR LA MICROBIOTA Y LA ECOLOGÍA DE *APIS MELLIFERA.*

José Luis Aguirre Noyola[1*], Alma Armenta Medina[1], Gustavo Cuaxinque Flores[2]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP, [2]Doctorado en Recursos Naturales y Ecología-UAGro

*Autor para correspondencia: aguirre.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: miel, abeja, apicultura

Introducción

La miel es uno de los productos naturales más antiguos y valorados a nivel mundial, no solo por su sabor y valor nutricional, sino también por sus propiedades medicinales, antimicrobianas y conservantes (Wang et al., 2023). Globalmente, es producida principalmente por la abeja melífera (*Apis mellifera*) y constituye un recurso estratégico tanto en términos ecológicos como socioeconómicos, especialmente en comunidades rurales donde la apicultura representa una fuente importante de ingresos. En este contexto, la apicultura en México constituye una de las principales actividades agropecuarias, con una producción de 57,430 toneladas en el 2024, equivalente al 3.8 % de la producción global. Liderado por Yucatán, seguido de Jalisco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Campeche. Este liderazgo se debe a su notable diversidad floral, al uso de prácticas apícolas tradicionales y a la producción de mieles monoflorales y multiflorales (Zúñiga-Díaz et al., 2024). Más allá de su composición química, la miel contiene un componente biológico menos estudiado, pero de gran relevancia: su microbioma. Este conjunto de microorganismos participa en la conservación del producto, influye en la salud de las abejas y puede tener implicaciones en la salud humana. Su caracterización permite no solo profundizar en las propiedades funcionales de la miel, sino también identificar cepas con potencial probiótico y aplicaciones en la agricultura y la industria. Además, el estudio del ADN presente en la miel se ha consolidado como una herramienta versátil para la apicultura, la investigación ambiental y la autenticación de productos. Este ADN proviene de múltiples fuentes: plantas visitadas por las abejas, las propias abejas, microorganismos, otros insectos y contaminantes ambientales. Esta diversidad genética permite una identificación precisa del origen botánico y geográfico, superando la resolución del análisis polínico tradicional, y facilitando la trazabilidad, certificación de productos y verificación de denominaciones de origen, incluso detección de polen de plantas transgénicas (Yuan et al., 2025). En el ámbito ecológico, proporciona un registro indirecto de la biodiversidad vegetal local, así como de la presencia de especies raras o invasoras. Asimismo, se ha propuesto como un sistema de monitoreo pasivo de la salud de las colmenas, permitiendo la detección de patógenos como *Nosema* spp y el virus de las alas deformadas (DWV). No obstante, a pesar del crecimiento en el número de estudios, la información disponible sobre el microbioma y el origen botánico de la miel sigue siendo dispersa, metodológicamente heterogénea y difícilmente comparable entre investigaciones. Ante este panorama, resulta necesario realizar un meta-análisis sistemático que, mediante enfoques de metagenómica shotgun o por marcadores moleculares (metabarcoding), permita integrar y comparar a la información existente a nivel global. Este análisis contribuiría a consolidar el conocimiento actual y abrir nuevas perspectivas sobre el papel ecológico, funcional y biotecnológico de la miel en mundo y con ello elaborar metodologías estandarizadas para impulsar la apicultura en nuestro país.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue realizar un meta-análisis de secuencias genómicas (ADN) obtenidas a partir de miel producida por *Apis mellifera* en distintas regiones del mundo, con el fin de identificar patrones comunes y diferenciar el componente microbiano y ambiental asociados a su origen geográfico.

Materiales y métodos

Búsqueda y selección de secuencias genómicas

Se realizó la búsqueda y selección de secuencias genómicas de miel de *Apis mellifera* a nivel mundial. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos especializadas (Web of Science, Scopus y Google Scholar) utilizando la siguiente ecuación de búsqueda: [(honey OR bee OR "*Apis mellifera*") AND ("DNA sequencing" OR metagenomics OR microbiota OR microbiome OR metabarcoding) AND NOT gut], aplicada a títulos, resúmenes y palabras clave de trabajos publicados entre enero de 2009 y mayo de 2025.

Criterios de inclusión

- Artículos originales que hayan realizado secuenciación de ADN extraído directamente de miel producida exclusivamente por *Apis mellifera*, y no de *Melipona*, *Scaptotrigona* o *Trigona*.
- Estudios que utilicen secuenciación masiva de nueva generación con enfoque de **metagenómica** (shotgun o metabarcoding), sin restricción de plataforma (Illumina, Ion Torrent, PacBio, etc.).
- Trabajos que reporten explícitamente el origen geográfico de las muestras y que incluyan información suficiente sobre la metodología de extracción de ADN y el procesamiento bioinformático.
- Publicaciones con datos crudos de secuenciación depositados en repositorios públicos como NCBI, ENA o DDBJ.

Descarga de secuencias y preprocesamiento bioinformático

Los archivos de secuenciación (formato .sra) fueron descargados desde el repositorio NCBI utilizando la herramienta SRA Toolkit. Posteriormente, se convirtieron a formato FASTQ y se evaluó su calidad con FastQC. Las lecturas con puntuaciones de calidad inferiores a Q25 fueron descartadas. Los adaptadores y las secuencias de baja calidad se eliminaron con TrimGalore!, y las lecturas resultantes se filtraron por una longitud mínima de 300 pb.

Asignación taxonómica de las secuencias

Las secuencias depuradas fueron clasificadas taxonómicamente utilizando Kraken2, empleando la base de datos PlusPF (02-Apr-2025), que incluye genomas bacterianos, arqueanos y de hongos relevantes para estudios ambientales. La abundancia relativa de cada taxón se estimó con Bracken, a nivel de género y especie. El microbioma núcleo (conjunto de taxones compartidos entre muestras) se identificó con la función core_members del paquete microbiome en R, y los taxones exclusivos de cada país o continente se determinaron mediante análisis de presencia/ausencia utilizando el paquete VennDiagram.

Análisis de la diversidad microbiana

Los archivos .biom, que contienen matrices de abundancia de la microbiota por muestra, fueron procesados en R, utilizando el paquete phyloseq. Se calcularon índices de diversidad alfa (Shannon, Simpson, Observed richness) y beta (Bray-Curtis, UniFrac) para evaluar la diversidad microbiana dentro y entre muestras, respectivamente. Las diferencias estadisticas entre grupo de muestras se evalúo mediante prueba de suma de rangos de Wilcoxon y Kruskal-Wallis con prueba de Dunn para comparaciones entre 2 o más grupos respectivamente. Además, se aplicaron análisis multivariados de NMDS/PERMANOVA para explorar la estructura de la comunidad y su asociación con factores geográficos.

Resultados

Se identificaron 12 estudios que cumplían con los criterios de inclusión, los cuales proporcionaron datos de secuenciación masiva obtenidos directamente de muestras de miel. En total, se recuperaron 462 archivos FASTQ. La mayoría de los conjuntos de datos correspondieron a mieles originarias de países europeos: Finlandia (n=169), Suecia (n=133), Estonia (n=56) y Grecia (n=8), mientras que América estuvo representada únicamente por estudios realizados en Estados Unidos (n=96) (Fig. 1). Cada tipo de miel presentó una diversidad microbiana diferente, con taxones exclusivos, lo cual podría estar asociado tanto a las plantas locales de donde las abejas recolectan el néctar como a los genotipos de las abejas, que varían entre poblaciones americanas y europeas. Esta distribución geográfica evidencia una clara subrepresentación de regiones productoras relevantes como América Latina, particularmente México.

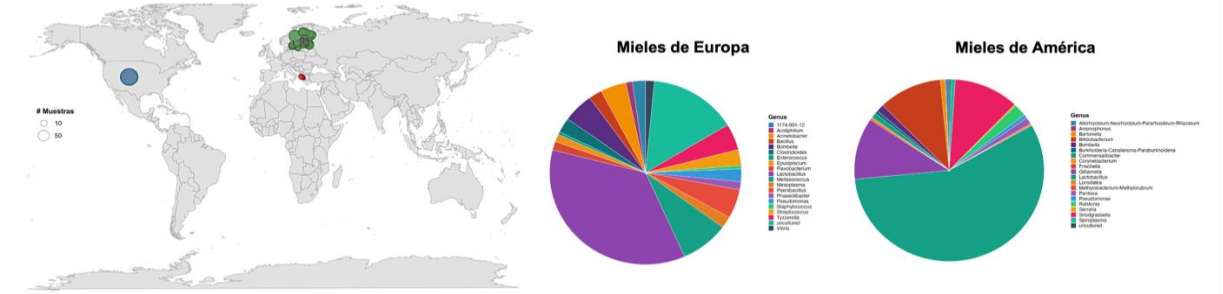


Figura 1. Distribución de secuencias de ADN de mieles de *Apis mellifera* en distintas regiones del mundo.

La asignación taxonómica de las lecturas genómicas también reveló la presencia recurrente de ciertos géneros bacterianos en las mieles, independientemente de su región de origen. Entre los taxones más comunes se encontraron *Lactobacillus*, *Snodgrassella*, *Gilliamella*, *Bifidobacterium*, *Bombella*, *Commensalibacter*, *Bartonella*, *Spiroplasma*, y otros mostrados en la Fig. 2A. Sin embargo, sus proporciones varían entre las muestras, al igual que los índices de diversidad (Fig. 2B). Muchos de estos géneros están estrechamente asociados a plantas, ya sea como endófitos o habitantes de flores y néctares, lo que sugiere una transferencia natural a la miel a través de la recolección de néctar y polen. Se identificaron simbiontes que han sido reportados en diversos insectos, lo que sugiere una posible contribución del microbioma intestinal o de otros tejidos de las abejas al perfil microbiano final de la miel.

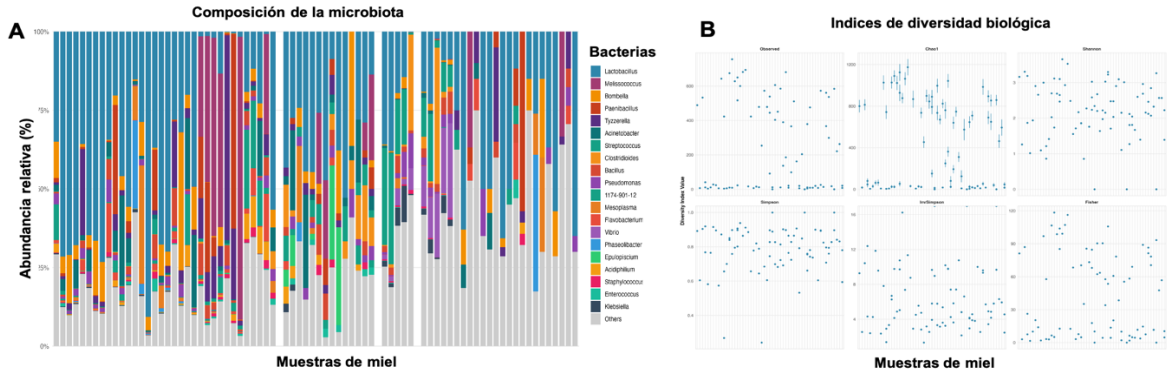


Figura 2. Análisis de la microbiota de mieles. A) Microbiota compartida y B) análisis de su diversidad.

Conclusión

El análisis reveló una alta diversidad microbiana en mieles, con géneros bacterianos comunes, pero proporciones variables entre regiones del mundo. Las diferencias podrían deberse a la flora local y a los genotipos de las abejas. La escasa representación de América Latina destaca la necesidad de estudios locales para fortalecer la trazabilidad, autenticidad y calidad de nuestras mieles.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este proyecto no contó con financiamiento.

Referencias bibliográficas

1. Wang., et al. (2023). Composition, functional properties and safety of honey: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *103*(14), 6767-6779.
2. Yuan, R., *et al* (2025). A method for detecting transgenic rapeseed using pollen collected by *Apis mellifera* L. *Transgenic Research*, *34*(1), 1-10.
3. Zúñiga-Díaz., *et al*. (2024). A review of the melliferous flora of Yucatan peninsula, Mexico, on the basis for the honey production cycle. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, *20*(1), 40.

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE LA LIBERACIÓN DE TRAMPAS EXTRACELULARES DE HEMOCITOS DE *Tenebrio molitor,* EN RESPUESTA A DIFERENTES INDUCTORES.

Mariela Alejandra Del Razo-Moreno[1], Rosa Estela Quiroz Castañeda[1], Yazmín Alcalá Canto[2], José Hugo Aguilar-Díaz[1]*
[1]CENID-Salud Animal e Inocuidad, INIFAP, [2]Departamento de Parasitología, FMVZ-UNAM

*Autor para correspondencia**:** aguilar.hugo@inifap.gob.mx

Palabras clave: ETosis, hemocitos, inmunidad innata

Introducción

La formación de trampas extracelulares (ETosis) es un mecanismo inmunológico conservado en mamíferos mediante el cual células fagocíticas liberan redes de cromatina con proteínas antimicrobianas que inmovilizan patógenos extracelulares (Brinkmann et al., 2004). Este fenómeno ha sido descrito en diversos invertebrados, incluyendo el crustáceo *Carcinus maenas* (Robb et al., 2014) e insectos como *Galleria mellonella* (Chen & Keddie, 2021). Lo anterior, evidencia al proceso de liberación de cromatina, como un mecanismo de defensa conservado evolutivamente.

Actualmente, el *Tenebrio molitor* es un insecto que ha sido de gran relevancia por su capacidad de degradar unicel (PS) mediante su microbiota intestinal, despolimerizando el PS al destruir el anillo de benceno, así como por sus propiedades nutracéuticas. En 2021, fue la primera especie de insecto aprobada por la EFSA como nuevo alimento, destacando por su alto contenido proteico (52%) con alto valor biológico, lípidos insaturados y compuestos bioactivos como antioxidantes y péptidos bioactivos. Presenta alta digestibilidad de aminoácidos (>90% para aminoácidos indispensables) y valores DIAAS que lo clasifican como proteína de alta calidad, siendo adecuado para alimentación humana y de mascotas. Además, se ha consolidado como modelo inmunológico por su robusta respuesta inmune, de fácil mantenimiento y disponibilidad de recursos genómicos (Vigneron et al., 2019), y como modelo alternativo barato y simple para evaluar toxicidad de nanoplásticos. Adicionalmente, es hospedero intermediario natural de *Hymenolepis nana*, un cestodo zoonótico de alta prevalencia en humanos y algunas especies de animales que sirven como reservorios del parásito. Dado que el cisticercoide del parásito (250 µm) supera la capacidad fagocítica de los hemocitos (5–20 µm), se plantea que mecanismos alternativos como la ETosis podrían mediar su contención. Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo la caracterización de la liberación de trampas extracelulares de *T. molitor* en respuesta al tratamiento del inductor químico Acetato de Meristoil Forbol (PMA), y el inductor biológico Zimosán A.

Materiales y métodos

Se estableció una colonia de *T. molitor* mantenida a 28 ± 1 °C, 60–70 % HR, fotoperiodo 12:12 h, alimentada con salvado de avena y vegetales frescos. Se utilizaron adultos de 60 días de edad. La hemolinfa se extrajo mediante punciones ventrales en el metatórax con aguja 31G y buffer Alsever modificado (21 g/L glucosa, 8 g/L citrato trisódico, 23 g/L NaCl, pH 7.4), tras desinfección secuencial en frío con clorhexidina 0.05 %, antibiótico-antimicótico y agua estéril. Los insectos fueron eutanasiados con isoflurano (20 min).

Se compararon tres métodos de extracción: **tradicional** (fémur), **metatórax con lavado** (centrifugado y resuspendido en 200 µL), y **metatórax sin lavado** (conteo directo). La cuantificación celular se realizó con cámara de Neubauer (8 cuadrantes, factor 1,250) y contador automático Corning. La viabilidad se evaluó con azul tripán (0.4 %, 1:9 en buffer frío).

Para inducir ETosis, hemocitos (2×10^6 células/mL) fueron expuestos a **zimosán** (10 y 40 µM), **PMA** (40 nM), y **Tritón X-100** (10 %) como control de lisis. La liberación de ADN extracelular se cuantificó con QuantiFluor dsDNA en fluorómetro Quantus (ex: 504 nm, em: 531 nm) a 0, 15, 30, 60, 120 y 240 minutos. Cuadro 1.

Se realizó un análisis bioinformático con **BLASTP** (NCBI), **CDD** y alineamientos (**Clustal Omega**) empleando ortólogos humanos de histonas, peroxidasas y NOX para identificar homólogos funcionales en *T. molitor*. Cuadro 2.

El análisis estadístico se realizó mediante **ANOVA de una vía** seguido de la prueba de **Dunnett** ($\alpha = 0.05$)

Resultados y discusión

Extracción de hemocitos. El método de metatórax sin lavado proporcionó significativamente más células (286,893 ± 108,863) que el método tradicional del fémur (25,536 ± 18,683), con un incremento de **11.2 veces** (ANOVA, $F(2,31)=35.68$, $p<0.0001$, $R^2=0.6972$). La viabilidad celular alcanzó hasta el **97 %**.

Cuadro 1. Comparación estadística de células totales obtenidas según método de extracción. Figura 1.

Método	n	Media ± DE	Diferencia vs fémur	Valor p
Fémur	17	25,536 ± 18,683	—	—
Metatórax con lavado	12	143,646 ± 81,561	+118,110	<0.0001
Metatórax sin lavado	5	286,893 ± 108,863	+261,356	<0.0001

Inducción de ETosis. La liberación de cromatina fue significativa con zimosán a **10 µM** (3,257 ± 401 URF, $p=0.0034$) y **40 µM** (3,173 ± 401 URF, $p=0.0062$), pero no con PMA (2,341 ± 401 URF, $p=0.5609$), lo que sugiere una activación selectiva vía receptores de tipo Toll, y no por activación de la proteína quinasa C como en vertebrados ($F(5,46)=25.96$, $p<0.0001$, $R^2=0.7442$). Figura 2 (panel A y B).

Análisis bioinformático. Se identificaron componentes esenciales de ETosis: **histona H4** con **100 % de identidad**, **peroxidasina** (40 % con MPO), **dual oxidasa** (27 % con NOX2), y **serina proteasa tipo brachyurina** (36 % con elastasa, tríada catalítica His-Asp-Ser conservada). No se detectó **PAD4** en ningún artrópodo analizado, en concordancia con Wang et al. (2009), lo que sugiere un mecanismo alternativo de descondensación cromática, posiblemente mediado por serina proteasas.

Cuadro 2. Componentes de ETosis identificados *in silico* mediante BLASTP

Proteína	% Identidad	E-value	Observación
Histona H4	99 %	7e-68	Conservación casi intacta
Peroxidasina	40 %	4e-177	Conserva His catalíticas
Dual oxidasa	27 %	6e-61	Contiene motivo GGGIGVTP
Brachyurina	36 %	5e-38	Tríada His-Asp-Ser conservada (similar a elastasa)
PAD4	Ausente	N/A	No presente en Arthropoda

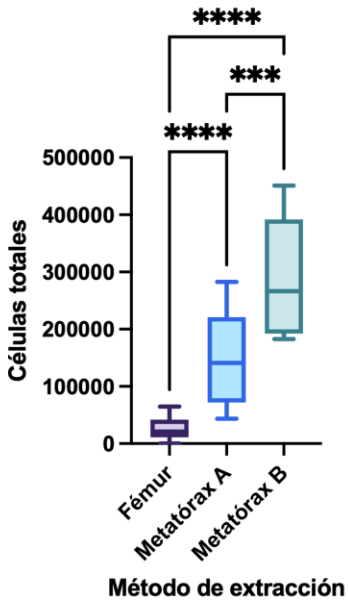


Figura 1. Comparación de cantidad de hemocitos de *Tenebrio molitor* obtenida mediante diferentes métodos de extracción.Extracción tradicional del fémur (n=17), metatórax con lavado (centrifugado y resuspendido en 200 µL, n=12) y metatórax sin lavado (conteo directo, n=5). ANOVA $F(2,31)=35.68$, $p<0.0001$. ****$p<0.0001$ (Tukey).

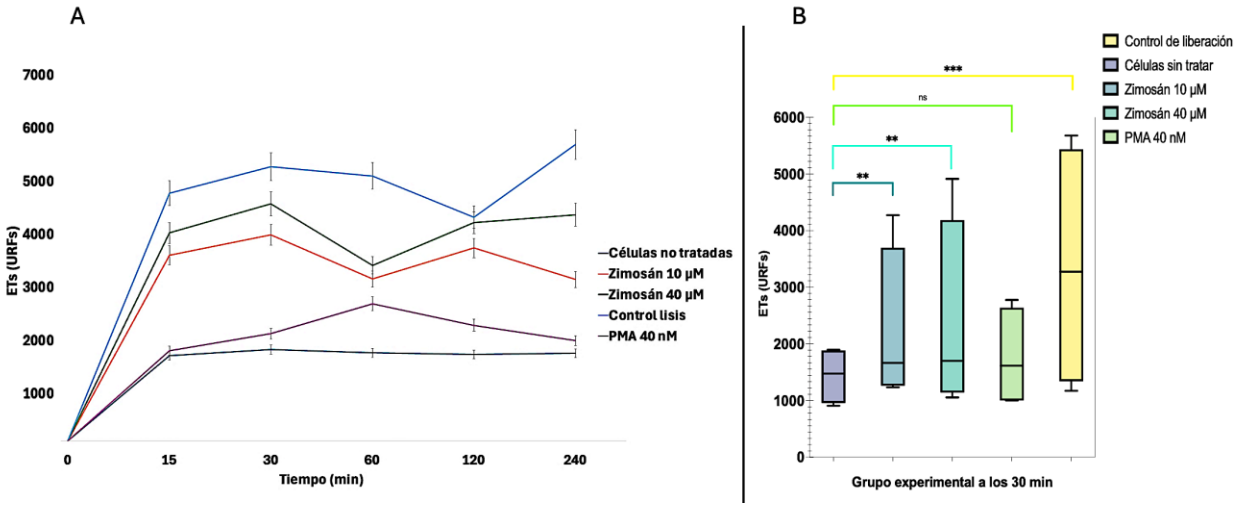


Figura 2. Panel A: Liberación de cromatina en hemocitos estimulado por inductores experimentales Zimosan A y PMA durante 15, 30, 60, 120 y 240 minutos. Panel B: Liberación de cromatina en hemocitos de *T. molitor* tras 30 minutos de tratamiento con inductores. El zimosán induce liberación significativa (**p<0.01), mientras que PMA no muestra diferencias (ns). Test de Dunnett vs control. F(5,46)=25.96, p<0.0001.

Conclusiones

Los hemocitos de *T. molitor* activan ETosis en respuesta al zimosán A cuya activación se asocia a receptores tipo Toll, pero no ante el PMA asociada a la vía PKC. La maquinaria molecular incluye componentes conservados como **histonas, peroxidasas** y **oxidasas**, pero carece de **PAD4**, lo que sugiere rutas alternas de descondensación cromática. El protocolo optimizado de extracción por metatórax ofrece una ventaja significativa para estudios inmunológicos en insectos. Este mecanismo podría ser clave en la defensa contra *H. nana*.

Agradecimientos y fuente financiadora

Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, UNAM. Proyecto experimental.

Referencias bibliográficas

1. Brinkmann, V., Reichard, U., Goosmann, C., Fauler, B., Uhlemann, Y., Weiss, D. S., Weinrauch, Y., & Zychlinsky, A. (2004). *Neutrophil extracellular traps kill bacteria*. *Science*, *303*(5663), 1532–1535. https://doi.org/10.1126/science.1092385
2. Chen, Y., & Keddie, B. A. (2021). *Insect hemocyte extracellular traps (IHETs): Strategies of host defense in the hemocoel of Galleria mellonella*. *Developmental & Comparative Immunology*, *114*, 103819. https://doi.org/10.1016/j.dci.2020.103819
3. Robb, C. T., Dyrynda, E. A., Gray, R. D., Rossi, A. G., & Smith, V. J. (2014). *Invertebrate extracellular phagocyte traps show that chromatin is an ancient defence weapon*. *Nature Communications*, *5*, 4627. https://doi.org/10.1038/ncomms5627
4. Vigneron, A., Jehan, C., Rigaud, T., & Moret, Y. (2019). *Immune defenses of a beneficial pest: The mealworm beetle, Tenebrio molitor*. *Frontiers in Physiology*, *10*, 138. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00138
5. Wang, Y., Li, M., Stadler, S., Correll, S., Li, P., Wang, D., Hayama, R., Leonelli, L., Han, H., Grigoryev, S. A., Allis, C. D., & Coonrod, S. A. (2009). *Histone hypercitrullination mediates chromatin decondensation and neutrophil extracellular trap formation*. *The Journal of Cell Biology*, *184*(2), 205–213. https://doi.org/10.1083/jcb.200806072

EXPRESIÓN DIFERENCIAL DE GENES ASOCIADOS A LA RESPUESTA INMUNE EN BOVINOS INOCULADOS CON UNA CEPA VIRULENTA O ATENUADA DE *Babesia bigemina.*

Grecia Martínez-García[1*], Julio V. Figueroa-Millán[1], Rebeca M. Santamaria-Espinosa[1], José J. Lira-Amaya[1], Carmen Rojas-Martínez[1], J. Antonio Álvarez-Martínez[1].

[1]CENID – Salud Animal e Inocuidad, INIFAP
*Autor para correspondencia: martinez.grecia@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Babesia bigemina*; respuesta inmune; expresion diferencial genica.

Introducción

Babesia bigemina es un parásito intraeritrocítico obligado transmitido por garrapatas del género *Rhipicephalus* (*Boophilus*), es considerada como uno de principales agentes causales de la babesiosis bovina en México y en el mundo por su vasta distribución. La enfermedad causada *por B. bigemina* se caracteriza por provocar una severa patología hemolítica intravascular, destacando la aparición de signos clínicos como anemia hemolítica y hemoglobinuria, que suelen desarrollarse después de los primeros 7-14 días posteriores a la inoculación del parásito (Bock et al., 2004; Álvarez et al., 2019). La respuesta inmune bovina es activada una vez que los parásitos son inoculados a traves de la mordedura de las garrapatas; celulas como los monocitos activados, neutrofilos y celulas asesinas naturales “NK”, son importantes para iniciar la respuesta. Entre sus principales actividades destacan la liberacion de agentes antimicrobianos, la secrecion de citocinas que regulan la respuesta inflamatoria y la eliminacion directa del patógeno por medio de la fagocitosis. Las citocinas producidas ante una infección por *Babesia* son: IL-1β, IL-12, IL-15, IL-18, IL4, TNF-α, IFNα e IFNγ (Martinez-Garcia et al., 2025). Recientemente, nuestro grupo de investigación identifico la participación de diversos genes asociados con la respuesta inmune ante una infección ocasionada por dos cepas de distinta virulencia de *B. bigemina* mediante un análisis transcriptómico, destacando cinco genes de interés, por su reporte previo en infecciones ocasionadas con otros Apicomplexas: SLC11A1 (miembro 1 de la familia de portadores de solutos 11), STAT1 (transductor de señales y activador de la transcripción 1), CD163 (molécula CD163), HSPA6 (Miembro 6 de la familia de proteínas de choque térmico A (Hsp70)), y PF4 (factor plaquetario 4). La reacción en cadena de la polimerasa con retrotranscriptasa en tiempo real (qRT-PCR, por sus siglas en inglés) es una de las herramientas mayormente implementadas para la comprobación de los resultados obtenidos por RNA-seq (de Brito et al., 2024). El objetivo del presente estudio fue validar mediante la técnica de qRT-PCR la expresión diferencial de los genes SLC11A1, STAT1, CD163, HSPA6 y PF4 en dos grupos de bovinos infectados con una cepa virulenta y una cepa atenuada de *B. bigemina* y compararlos con un grupo control de bovinos sanos sin inocular.

Materiales y métodos

Se diseñaron y sintetizaron un juego de oligonucleótidos específicos de cada gen, además de un juego de oligonucleótidos específicos del gen GAPDH (gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa), gen constitutivo usado como control de la amplificación para la qRT-PCR (Cuadro 1). El diseño se realizó en la plataforma Integrated DNA Technologies “IDT” (https://www.idtdna.com) con la herramienta PrimerQuest™ Tool, bajo los siguientes parámetros: longitud de 18 - 30 bases, temperatura de fusión (Tm) entre 60 – 64 °C (ideal 62°C), contenido de GC de 40 – 60% (ideal 50%), incapaces de formar estructuras secundarias fuertes y no autocomplementarios. Así mismo, se obtuvieron muestras de RNA total de la capa leucocitaria de sangre periférica de los tres grupos experimentales: GI (inoculado con una cepa virulenta de B. bigemina), GII (inoculado con una cepa vacunal atenuada de B. bigemina), GIII (control sin inocular). La extracción de RNA se realizó con el paquete comercial RNeasy® Mini Kit (Qiagen®), siguiendo las especificaciones del fabricante: iniciando con la eliminación del agente estabilizador RNAlater®-ICE por centrifugación, seguido del lisado y homogenización de las muestras con tiocianato de guanidina y Proteinasa K en columnas Qiashedder® (Qiagen®), para posteriormente unir el RNA total presente en la muestra a la membrana de sílice de la columna RNeasy, los contaminantes fueron eliminados con una serie de lavados y el RNA fue eluido en 30 µl de agua. El DNA genómico presente en las muestras se eliminó con una enzima DNasa I de la misma casa comercial (RNase-Free DNase Set®). Finalmente, la concentración y pureza del RNA aislado a partir de cada muestra se determinó mediante espectrofotometría con el equipo NP80 (NanoPhotometer® IMPLEN). Así mismo, la integridad de las muestras se visualizó mediante la técnica de

electroforesis en gel de agarosa al 1% teñido con bromuro de etidio, en solución TAE 1X a 80 voltios por 70 min. La RT-qPCR se realizó en dos pasos, en el primer paso se obtuvo la síntesis de cDNA a partir de 250 ng de RNA total de cada una de las muestras de los tres grupos experimentales. Se empleó el kit comercial ImProm-II Reverse Transcription System, (PROMEGA®), con el protocolo de amplificación de 25°C por 5 minutos, seguido de 42°C por 60 minutos, 70°C por 15 minutos y 4°C por 5 minutos. El segundo paso fue la amplificación de las muestras de cDNA con cada uno de los oligonucleótidos específicos para los genes de interés. El volumen final de las reacciones fue de 20 µl, esta mezcla incluye el cDNA blanco y la mezcla de reacción del kit Fast Start Essential DNA Green Master (Roche®), teniendo por muestra: Master Mix Roche® 5 µl, Primer forward 0.5 µl, Primer reverse 0.5 µl, cDNA 3 µl y Agua libre de RNAsas y DNAsas 11 µl). Cada muestra fue amplificada por triplicado (replicas técnicas) con cada uno de los oligonucleótidos diseñados. Se realizó el análisis de expresión relativa de los genes de interés mediante el uso de los valores del número de ciclos, en los que la fluorescencia de amplificación rebasa el umbral de detección (Cq). Los datos obtenidos por el termociclador fueron obtenidos mediante la reacción de qPCR en cada una de las muestras de interés, con sus respectivas réplicas técnicas. Se utilizó el software bioinformático GeneGlobe Data Analysis Center® (https://www.qiagen.com/mx/shop/genes-andpathways/data-analysis-center-overviewpage/?akamai-feo=off).

Cuadro 1. Oligonucleótidos utilizados para el análisis de expresión diferencial por qRT-PCR.

GEN	Secuencia nucleotídica	No. de bases	Tm	%GC	Tamaño del Amplicón
SLC11A1	F- CGTCGTGGACACTTTCTTCT	20	61.9	50	102
	R- CCGAAGGTCAAGGCCATTAT	20	62.1	50	
STAT1	F- TTTCCGTTCTGGCTTTGGA	19	62	47.4	109
	R- GCTCTCGCTCCTTGCTAATAA	21	62	47.6	
CD163	F- GCAGAGAGCAAAGGATCAGTAA	22	62	45.5	102
	R- CAAGAGGGTTGCGATGAGAA	20	62	50	
HSPA6	F- GATCCAGAGGAATGCCACTATC	22	62	50	100
	R- CTCACCCTCATACACCTGAATC	22	62	50	
PF4	F- AATGCGTGTGCCTGAAGA	18	62	50	112
	R- TTCAGCGTAGCTATCAGTTGG	21	62	47.6	
GAPDH	F- GATGCTGGTGCTGAGTATGT	20	62	50	113
	R- GCAGAAGGTGCAGAGATGAT	20	62	50	

Resultados y discusión

Una vez que se verificó la concentración de las muestras de RNA total y la ausencia de DNA, se llevó a cabo la síntesis de cDNA, la eficiencia de síntesis fue alta, obteniéndose concentraciones de 1,400-1,500 ng/µL. El cDNA obtenido se utilizó para llevar a cabo los qPCR, con el propósito de analizar la expresión de los genes de interés. Para determinar la eficiencia de la amplificación en el análisis de expresión, se realizaron curvas estándar para cada uno de los genes de interés (Figura 1). Los resultados obtenidos en el análisis de expresión diferencial de los genes de interés previamente seleccionados en la comparación entre los grupos GIII (control sin inocular) Vs GI (inoculado con una cepa virulenta de *B. bigemina*), muestran que hay una sub-expresión y sobre-expresión génica. Los genes con sobre-expresión identificados fueron SCL11A1 y CD163; mientras que, HSPA6 y CD163 fueron sub-expresados; el gen STAT1 no presento una expresión diferencial significativa. Respecto a la comparación entre los grupos GIII Vs GII: se observó una sobre-expresión en el gen STAT1, y una sub-expresión en los genes CD163, HSPA6 y PF4, el gen SCL11A1 no se expresó diferencialmente. Finalmente, en la comparación de GII Vs GI; se presentó una sobre-expresión de SCL11A1, CD163 y HSPA6, mientras que STAT1 y PF4 se encontraron sub-expresados. Los valores Fold change 2 y p-Value de la expresión diferencial génica encontrada en cada comparación se presentan en el Cuadro 2.

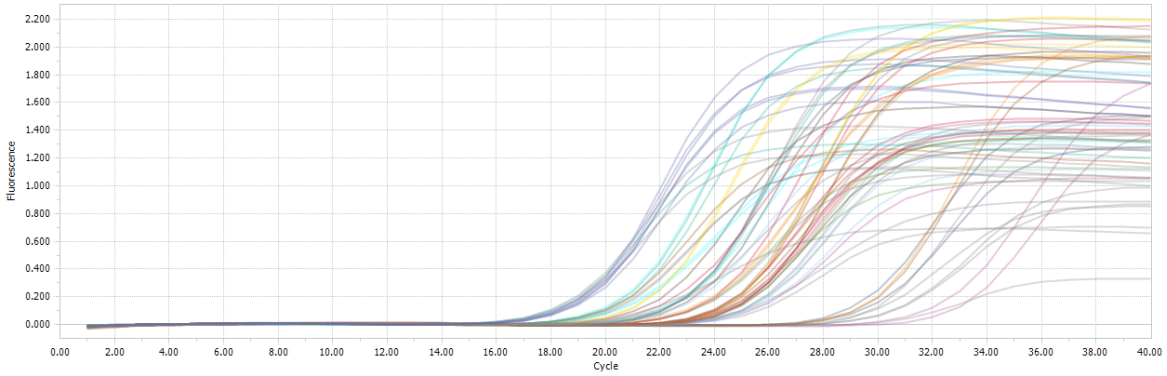


Figura 1. Curvas estándar de fluorescencia de los genes de interés asociados a la respuesta inmune contra *Babesia bigemina*.

Cuadro 2. Valores Fold change 2 y p-Value obtenidos entre las comparaciones por grupo de la expresión diferencial en los grupos de interés ($p<0.05$). Nota: los genes STAT1 Y SCL11A1 no se expresaron de manera diferencial entre las comparaciones GIII Vs GI y GIII Vs GII, respectivamente.

Comparación	Gen	Fold change 2	p-Value	Expresión
GIII Vs GI	SCL11A1	2.03	0.01503	Sobre-expresión
	CD163	3.41	0.000247	Sobre-expresión
	HSPA6	-5.43	0.000018	Sub-expresión
	PF4	-33.59	0.000070	Sub-expresión
GIII Vs GII	STAT1	3.02	0.03655	Sobre-expresión
	CD163	-3.20	0.00162	Sub-expresión
	HSPA6	-131.90	0.000007	Sub-expresión
	PF4	-8.94	0.00009	Sub-expresión
GII Vs GI	SCL11A1	3.91	0.004312	Sobre-expresión
	CD163	10.90	0.000092	Sobre-expresión
	HSPA6	24.31	0.000023	Sobre-expresión
	STAT1	-4.07	0.006751	Sub-expresión
	PF4	-3.76	0.008496	Sub-expresión

Conclusiones

Se identifico la expresión diferencial de los genes SLC11A1, STAT1, CD163, HSPA6 y PF4; evaluados en las tres comparaciones hechas entre los dos grupos de bovinos infectados con una cepa virulenta o una cepa atenuada de *B. bigemina* y el grupo de bovinos sanos y sin infectar, comprobándose su participación durante la infección aguda de babesiosis bovina.

Agradecimientos y fuente financiadora

INIFAP, Proyectos Fiscales No. 11481036208

Referencias bibliográficas

1. Bock, R., Jackson, L., de Vos, A., & Jorgensen, W. (2004). Babesiosis of cattle. Parasitology, 129 Suppl, S247–S269. https://doi.org/10.1017/s0031182004005190
2. Álvarez, J. A., Rojas, C., & Figueroa, J. V. (2019). Diagnostic tools for the identification of Babesia sp. in persistently infected cattle. Pathogens, 8(3), 143. https://doi.org/10.3390/pathogens8030143
3. Martínez-García, G., Estrada, K., Lira-Amaya, J. J., Santamaria-Epinosa, R. M., Lopez-Arellano, M. E., Sciutto-Conde, E. L., Rojas-Martinez, C., Alvarez-Martínez, J. A., Sánchez-Flores, A., & Figueroa-Millán, J. V. (2025). Comparative Analysis of Immune Response Genes Induced by a Virulent or Attenuated Strain of Babesia bigemina. International journal of molecular sciences, 26(2), 487. https://doi.org/10.3390/ijms26020487
4. de Brito, M. W. D., de Carvalho, S. S., Mota, M. B. D. S., & Mesquita, R. D. (2024). RNA-seq validation: software for selection of reference and variable candidate genes for RT-qPCR. BMC genomics, 25(1), 697. https://doi.org/10.1186/s12864-024-10511-y

ADAPTACIÓN DE LA LÍNEA CELULAR RM-SUS DE *Rhipicephalus microplus* A MEDIOS DE CULTIVO CON CONCENTRACIONES REDUCIDAS DE SUERO.

Anhell Arrollo Navarrete[1,2], Mayra Cobaxin Cárdenas[1]*, Elizabeth Salinas Estrella[1], Itzel Amaro Estrada[1], Raquel Cossío Bayúgar[1] y Sergio Darío Rodríguez Camarillo[1]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad sede Jiutepec, Morelos. [2]Universidad Politécnica del Estado de Morelos. Boulevard Cuauhnáhuac #566. Jiutepec, Morelos.

* Autor para correspondencia: mayracobaxin@gmail.com

Palabras clave: Células embrionarias, morfología, suero bovino fetal.

Introducción

La industria ganadera es una de las actividades agrícolas más importantes de México, con una producción de 36.3 millones de cabezas de ganado lechero y de carne. La garrapata *Rhipicephalus microplus* es el ectoparásito de mayor relevancia económica para la ganadería a nivel mundial, ya que afecta al ganado bovino reduciendo significativamente la ganancia de peso vivo, la producción de leche y carne, así como la calidad del cuero en la región neotropical (Lagunes-Quintanilla, 2024). Estos efectos se deben tanto a la infestación por garrapatas como a la transmisión potencial de patógenos, como *Babesia* spp. y *Anaplasma marginale* agentes causantes de enfermedades como la babesiosis y la anaplasmosis respectivamente. En México, se estima que el 65 % del ganado está infestado con *R. microplus*, lo que lo hace vulnerable a las enfermedades antes mencionadas. A esto se suma su notable capacidad para desarrollar resistencia a los acaricidas, lo que complica aún más su control. Las pérdidas económicas asociadas al complejo garrapata-enfermedad ascienden a aproximadamente 573.6 millones de dólares anuales (Lagunes-Quintanilla, 2024). El desarrollo de líneas celulares continuas de garrapatas ha sido clave para impulsar la investigación sobre estos ectoparásitos y los agentes que transmiten. Estas líneas han permitido avances en el estudio de las relaciones hospedador-vector-patógeno, la biología de los parásitos, el control de enfermedades, la evolución de la resistencia a acaricidas y el entendimiento de sus mecanismos de acción (Bell-Sakyi et al., 2018). En este contexto, la línea celular embrionaria Rm-sus, derivada de embriones de la garrapata *R. microplus*, fue desarrollada en el CENID-PAVET del INIFAP con el propósito de estudiar la resistencia a acaricidas a nivel celular. No obstante, hasta la fecha esta línea celular no ha sido caracterizada completamente. Por otro lado, se ha reportado que algunas líneas embrionarias de garrapatas como las derivadas de *ixodes scapularis* (por ejemplo, ISE6 e IDE8) han sido adaptadas para crecer en medios con concentraciones reducidas de suero bovino fetal (SBF) (Munderloh 1994). Esta adaptación permite mantener la viabilidad y funcionalidad celular sin requerir de altas cantidades de SBF, lo cual resulta beneficioso para estudios más controlados y económicos. Por esta razón, en el presente estudio se evalúa el comportamiento de estas células bajo condiciones de cultivo con diferentes concentraciones de SBF.

Objetivo

Analizar la morfología celular de la línea Rm-sus de *Rhipicephalus microplus* en respuesta a la disminución del suero bovino fetal en el medio de cultivo.

Materiales y métodos

Cultivo de células embrionarias de garrapata Rm-sus.

El cultivo de las células embrionaria de garrapata se realizó utilizando la metodología descrita anteriormente (Cobaxin et al., 2019). Brevemente, se utilizaron frascos de cultivo de 25 cm^2 (Corning) con un volumen de 5 ml de un medio compuesto por medio Leibovitz's-MEM (1:1), suplementado con 10% caldo triptosa fosfato, 20% suero bovino fetal y antibióticos (penicilina 100 U/mL y estreptomicina 100 µg/mL. Los cultivos se mantuvieron a 32°C, con una atmosfera de 5% CO_2. Los cultivos se monitorearon periódicamente en un microscopio invertido para examinar la confluencia celular y detectar cualquier indicio de contaminación. Una vez que la monocapa de células alcanzó una confluencia cercana al 90%, se cosechó con ayuda de un raspador de células (Nest), y la suspensión celular se dividió con una relación 1:2 en frascos F-25 con un volumen total de 4 mL de medio completo y se mantuvieron en incubación de acuerdo a lo descrito. Los cultivos fueron monitoreados constantemente bajo un microscopio invertido con contraste de fases, para

analizar la morfología celular y el patrón de crecimiento. Para los experimentos planteados se redujo la concentración de SBF a 5% complementada con 0.1% de lipoproteína de suero bovina (MP Biomedicals).

Preparación de improntas.
Las improntas celulares se realizaron en cámaras de cultivo de 4 pozos (Lab-tek) acopladas a portaobjetos, lo que permite cultivar y teñir células adherentes en el mismo sistema. Se sembraron $1x10^5$, células por pozo en medio con 20% y 5% de SFB y se mantuvieron en incubación durante 48 h para asegurar su adherencia. Las tinciones se realizaron mediante un kit de tinción rápida para células, que permite la visualización de orgánulos celulares. Las improntas teñidas se observaron en un microscopio de campo claro (Velab), con el objetivo de inmersión en aceite (100X).

Resultados y discusión
Se determinó la proporción de las diferentes morfologías celulares presentes mediante la identificación de 200 células analizadas en campos de observación seleccionados al azar. Los resultados, presentados en la Figura 1, muestran que en los cultivos suplementados con 20% de SFB, la morfología predominante correspondió a células tipo fibroblasto, representando el 31% de la población total analizada (Figura 1A). De manera similar, en los cultivos con 5% de SFB complementado con 0.1% de lipoproteína de suero bovino, las células tipo fibroblasto también fueron mayoritarias, alcanzando el 35% (Figura 1B).

En cuanto a las poblaciones minoritarias, en los cultivos con 20% de SFB, las células con morfología tipo prohemocito representaron el 6%, mientras que en los cultivos con 5% de SFB complementadas con 0.1% de lipoproteína de suero bovino, las células tipo neuronal fueron las menos frecuentes, con un 4%. A pesar de las diferencias porcentuales observadas, ambas condiciones de cultivo mostraron en general las mismas morfologías celulares. No obstante, se identificaron poblaciones exclusivas dependiente del tratamiento ya que se observaron células tipo prohemocito únicamente en el medio con 20% de SFB, mientras que los esferulocitos fueron exclusivos de los cultivos con 5% de SFB complementadas con 0.1% de lipoproteína de suero bovino. Es de importancia considerar que, aunque la adaptación a bajos niveles de SFB no reduce la complejidad morfológica, sí redefine subpoblaciones críticas para estudios funcionales.

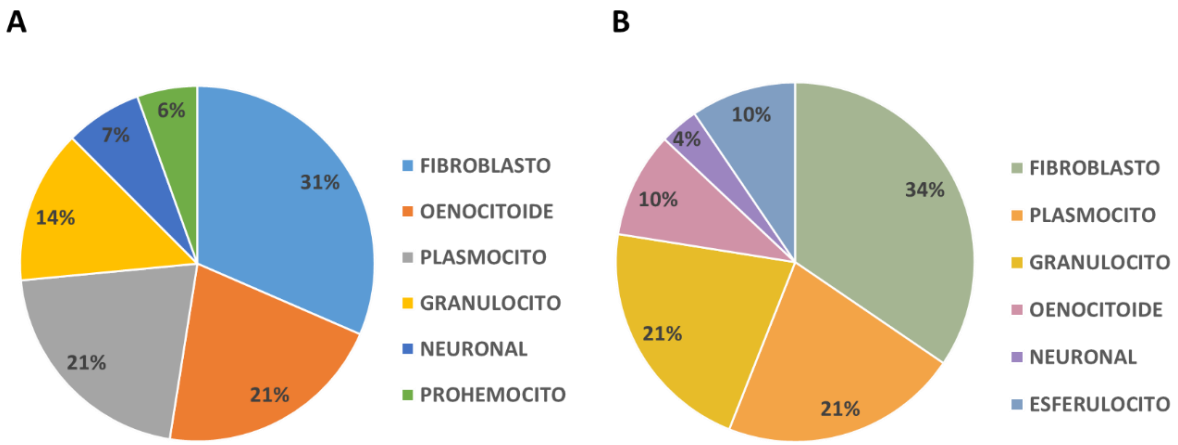


Figura 1. Análisis morfológico de las células Rm-sus. Los gráficos circulares indican la distribución porcentual de las distintas poblaciones celulares observadas en los cultivos mantenidos en medios suplementados con: (A) 20% de SFB y (B) 5% de SFB complementado con 0.1% de lipoproteína de suero bovino.

Conclusiones
Estos resultados sugieren que el medio con menor concentración de SFB (5% complementado con lipoproteína de suero bovino), es capaz de mantener la diversidad morfológica celular y puede representar una alternativa viable para el cultivo de esta línea celular.

Reconocimientos y/o fuente financiadora
Proyecto financiado con fondos fiscales INIFAP, No. SIGI: 13341734501.

.

Referencias bibliográficas

1. Bell-Sakyi, L., Darby, A., Baylis, M., & Makepeace, B. L. (2018). The Tick Cell Biobank: A global resource for in vitro research on ticks, other arthropods and the pathogens they transmit. *Ticks and tick-borne diseases*, *9*(5), 1364-1371.
2. Cobaxin-Cardenas, M. E., Díaz, H. A., Avelino, P. O., Salinas-Estrella, E., Preciado-de la Torre, J. F., Quiroz-Castañeda, R. E., ... & Rodríguez-Camarillo, S. (2019). Primer abordaje para la propagación de *Anaplasma marginale* (MEX-31-096) en células de garrapata Rm-sus. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, *13*(51), 67-80.
3. Cossio-Bayugar, R., & Miranda-Miranda, E. (2007). Heterologus gene expression in a cattle tick *Rhipicephalus microplus* embryonic cell culture. J. Anim. Vet. Adv, 6, 1214-1218.
4. Lagunes-Quintanilla, R., Gómez-Romero, N., Mendoza-Martínez, N., Castro-Saines, E., Galván-Arellano, D., & Basurto-Alcantara, F. J. (2024). Perspectives on using integrated tick management to control *Rhipicephalus microplus* in a tropical region of Mexico. *Frontiers in Veterinary Science*, *11*, 1497840.
5. Munderloh, U. G., Liu, Y., Wang, M., Chen, C., & Kurtti, T. J. (1994). Establishment, maintenance and description of cell lines from the tick *Ixodes scapularis*. The Journal of parasitology, 533-543.

SECCIÓN 3
Endocrinología y reproducción



"VACA DE TRASPATIO" / *Carlos Hernández López*

.

USO DE TIRAS REACTIVAS A ORINA PARA DIAGNÓSTICO DE GESTACIÓN CON SALIVA DE OVEJAS.

Berlinda Bautista-Diego [1;] Leonor Miranda-Jiménez [1*]; Adrián Raymundo Quero-Carrillo[1]

[1]Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, *Montecillo,* Texcoco 56264, Estado de México.

*Autor para correspondencia: lmirandaj@colpos.mx

Palabras clave borregas, preñez, analitos.

Introducción

El diagnóstico de gestación es una práctica zootécnica que permite mantener o aumentar la eficiencia reproductiva en cualquier sistema pecuario, además, permite la eliminación oportuna de hembras vacías.
La gestación se puede diagnosticar con diferentes métodos o técnicas, algunas, requieren de la utilización de equipo de laboratorio, toma de muestra invasiva al animal y de personal capacitado para desarrollar la técnica, y otras, dependen básicamente de la habilidad del productor o de los técnicos para diagnosticar la gestación; este tipo de técnicas son visuales o por palpación (“peloteo”); el resultado de las técnicas basadas en habilidades para el diagnóstico; con frecuencia presenten poca certeza.
En ovejas, la técnica de uso amplio para diagnóstico de gestación es la de ultrasonografía; para su desarrollo se requiere de equipo especializado que no siempre se tiene a la mano en las unidades de producción. La utilización de ultrasonografía para el diagnóstico de gestación representa un desembolso económico significante para el productor, además, el manejo de las ovejas durante el desarrollo de la técnica le puede generar estrés. En base a lo expuesto, se realizó esta investigación con el objetivo de otorgar un método alternativo para el diagnóstico de gestación, que sea fácil de realizar, que implique poco manejo en animales, y que tenga un menor costo comparado con los métodos ya ofrecidos.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se desarrollarlo en unidades de producción ovina de San Felipe Hidalgo, municipio de Nanacamilpa, Tlaxcala, México, ubicado en las coordenadas 19°29′00″N 98°32′00″O / 19.4833, -98.5333.
Dos grupos de ovejas adultas (gestantes n=61 y no gestantes n=61; la condición de gestación determinada con ultrasonografía) de raza indefinida, en condición corporal de 2.5 a 3 (en escala de 1 a 5) se utilizaron para tomar muestras de saliva con tiras reactivas a analitos en orina (Vet-14 Reagent strips for animal uroanálisis) que detecta 14 analitos: urobilinógeno, bilirrubina, cetona, creatinina, sangre, proteína, micro albumina, nitrito, leucocitos, glucosa, gravedad específica, pH, Ac. ascórbico y calcio. La toma de muestras se realizó por la mañana en condiciones de ayuno de las ovejas (para disminuir la contaminación por alimento). La tira reactiva se colocó directamente en el interior de la boca de cada oveja y se retiró hasta que esta estaba completamente húmeda; se utilizó una tira por oveja.
La interpretación de alteración en color de las almohadillas de cada analito se hizo entre 1 y 1.5 min, después de tomada la muestra y de acuerdo al tiempo recomendado por la empresa manufacturera de las tiras. A cada tira se le tomo una fotografía, con cámara profesional y control de las condiciones para la fotografía, para lo cual se diseñó una cámara de luz; consistente en una caja de cartón forrada de papel blanco mate, luces led en la parte superior de la caja y un soporte superior para la cámara. El estudio se realizó en un diseño observacional comparativo trasversal. Los datos se transformaron y se analizaron con la prueba Wilcoxon (también conocida como Wilcoxon rank sum test o Mann-Whitney U test; Turcios 2015).

Resultados y discusión

De los 14 analitos que se incluyen en la tira reactiva a orina, se encontraron diferencias en saliva de ovejas gestantes en: calcio, cetona, pH, leucocitos y proteína ($P \leq 0.05$; Figura 1). Los niveles de calcio fueron significativamente altos en ovejas no gestantes comparados con las de gestantes (Wilcoxon $W = 801$, $p < 0.001$), con un efecto grande (r de rank-biserial = -0.57, IC 95% [-0.69, -0.41]) (Figura 1; parte superior izquierda).

El calcio, el mineral más abundante en el cuerpo, es esencial para la formación de hueso, contracción muscular, funcionamiento enzimático y hormonal. Durante la gestación este suele absorberse más por tanto la hembra gestante requiere de aporte adicional de calcio (Perichart *et al*., 2021). Los valores bajos de calcio en ovejas gestantes encontrados en esta investigación, puede indicar que el aporte de calcio en estas ovejas fue ineficiente y que el calcio metabólico podría estarse destinando para formación de huesos en el producto y no para mantenimiento metabólico de la oveja. Esto puede ser contraproducente para la oveja, ya que, se reporta con frecuencia, que los niveles de calcio adecuados son necesarios para mantenimiento de la presión arterial de la hembra gestante, de otra manera se produce preclamsia; esto en mujeres (Díaz, 2013).

La cetona también, fue elevada en ovejas no gestantes, en este caso con efecto pequeño (r de rank-biserial = -0.16, IC 95% [-0.35, 0.05], Wilcoxon W = 1567.5, p < 0.03) (Figura 1; parte superior izquierda). La presencia de cetonas disminuida en ovejas gestantes puede ser un indicativo de desajuste en el consumo de carbohidratos. Los requerimientos nutricionales de la oveja gestante aumentan a medida que la gestación avanza, siendo máximos al momento del parto (Gual *et al*., 2022), se recomienda que, en la dieta de la hembra gestante, se ponga atención en el balance de carbohidratos, de manera que se pueda mantener los requerimientos energéticos propios de la gestación aunados a los del mantenimiento de la madre.

De manera similar, la proteína fue menor en ovejas gestantes comparada con la de ovejas no gestantes (Wilcoxon W = 1081.5, p < 0.001), con un efecto moderado (r de rank-biserial = -0.42, IC 95% [-0.57, -0.24]) (Figura 1; parte superior derecha). Para el caso de este nutriente, la disminución en proteína en ovejas gestantes puede ser indicativo de un aporte bajo de proteína en dieta y que la proteína de mantenimiento de la oveja madre se estaba dirigiendo hacia la formación de tejidos fetal. La proteína es considerada importante para el desarrollo adecuado de la gestación y para el embrión o feto, de otra manera se pueden ocasionar diversas patologías metabólicas (Pérez *et al*., 2022). La subnutrición durante la gestación puede tener impactos negativos sobre la supervivencia y crecimiento de los corderos.

Mientras que, los leucocitos y el pH y fueron altos en ovejas gestantes. Específicamente, los leucocitos fueron significativamente superiores a los de ovejas no gestantes (Wilcoxon W = 2333, p < 0.001), con un efecto moderado (r de rank-biserial = -0.40, IC 95% [0.21, 0.55]) (Figura 1; parte inferior izquierda). De la misma manera, el efecto en ovejas gestantes fue moderado para pH siendo mayor en ovejas gestantes (r de rank-biserial = 0.31, IC 95% [0.12, 0.49], Wilcoxon W = 2446, p < 0.002) (Figura 1; parte inferior derecha). En ovejas no existen reportes de las características químicas de la saliva, sin embargo, en mujeres gestantes, el cambio de pH se ha relacionado con cambios en los niveles de estrógenos y progesterona; estos además de alterar el pH ocasionan la presencia de microorganismos; a la presencia de estos puede deberse el aumento en leucocitos: también se han relacionado los cambios en pH a proliferación bacteriana en boca (Martínez *et al*., 2014).

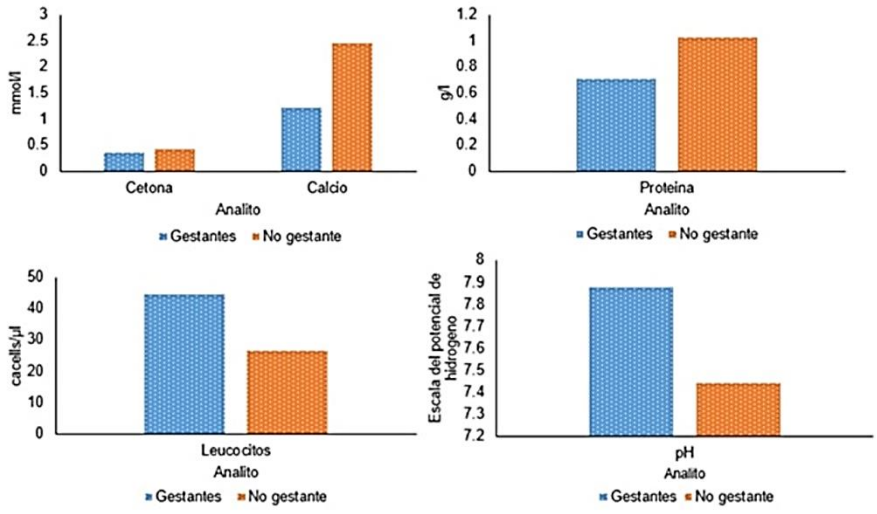


Figura 1. Analitos encontrados en saliva de ovejas gestantes y no gestantes con uso de tiras reactivas a orina.

.

Conclusiones

El uso de tiras reactivas a orina puede ser una alternativa para la detección de gestación en saliva de ovejas gestantes en condiciones nutricionales adecuadas, basándose en los analitos bajos como cetona, Ca y proteína se puede considerar que las ovejas de este estudio tuvieron una dieta deficiente en nutrientes. Y los analitos elevados como Leucocitos y pH si se pueden tomar como ayuda a productores con bajos recursos para detectar gestación en ovejas y reducir el envío de estas ovejas al rastro, Además, diminución del estrés de los animales; producido por manejo.

Agradecimientos

A los maestros en ciencias, José Roberto Díaz Roldán y Erick Guzmán Landeros que apoyaron con el ultrasonido y la toma de muestras, además de jóvenes del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 162 (CBTA 162) en su servicio social para el manejo de los animales.

A las Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Díaz Herrera, J. (2013). Calcio y embarazo. *Revista Médica Herediana*, *24*(3), 237-241.
2. Gual, I., Alvarado, P. I., & Cesa, A. (2022). Manejo de los ovinos durante la gestación, Visión rural, Volumen 1 (N° 141), 26-28.
3. Martínez-Pabón, M. C., Martínez Delgado, C. M., López-Palacio, A. M., Patiño-Gómez, L. M., & Arango-Pérez, E. A. (2014). Características fisicoquímicas y microbiológicas de la saliva durante y después del embarazo. *Revista de salud pública*, *16*, 115-125.
4. Pérez Dubuc, K. V., Vargas Torres, P. A., Gil Villegas, Y., & Vásquez Paredes, L. C. (2022). Trastornos hipertensivos del embarazo: relación del índice proteína/creatinina en orina esporádica y proteinuria en 24 horas. *Revista de Obstetricia y Ginecología de Venezuela*, *82*(3), 297-308.
5. Perichart-Perera, O., Rodríguez-Cano, A. M., & Gutiérrez-Castrellón, P. (2020). Importancia de la suplementación en el embarazo: papel de la suplementación con hierro, ácido fólico, calcio, vitamina D y multivitamínicos. *Gaceta médica de México*, *156*(Supl. 3), 1-26. Epub 25 de octubre de 2021.
6. Turcios, R. S. (2015). Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney: mitos y realidades. *Rev Mex Endocrinol Metab Nutr*, *2*, 18-21.

GENES ASOCIADOS A LA APOPTOSIS FOLICULAR EN OVEJAS: IMPACTO DE LA SELENOMETIONINA.

Erick R. Guzmán-Landeros[1], Leonor Miranda-Jiménez[1*], Adrián R. Quero-Carrillo[1]

[1]*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera Federal México-Texcoco Km. 36.5 Montecillo, 56264 Texcoco de Mora, Méx.*

*Autor para correspondencia: lmirandaj@colpos.mx

Palabras clave: selenio, folículo preovulatorio, reproducción ovina.

Introducción

La apoptosis en folículos ováricos es parte de la fisiología normal en el ovario. De esto depende el desarrollo folicular normal y control del ciclo estral. Esta involucra la participación tanto de genes proapoptóticos como antiapoptóticos, cuya expresión está finamente regulada por factores intra y extracelulares. En las ovejas y otras hembras de mamíferos, los folículos ováricos atraviesan etapas de crecimiento y diferenciación antes de la ovulación. Durante este tiempo, la apoptosis resulta crucial para eliminar folículos que no son aptos para alcanzar la dominancia y la ovulación. Los eventos génicos que participan en la apoptosis pueden ser *Bax* y *Bak* conocidos por actuar en la promoción de apoptosis; esto lo hacen a través de la permeabilización de la membrana mitocondrial; paso crítico en la vía intrínseca de la apoptosis (Youle & Strasser, 2008), la célula puede activar la vía intrínseca ante el efecto de elementos tóxicos, daño de ADN, estrés oxidativo e isquemia, entre otros. Como parte del equilibrio celular y durante la apoptosis se observa la presencia de genes antiapoptóticos como Bcl-*2* y *Bcl-xl* que inhiben la apoptosis por bloqueo de la permeabilización de la membrana mitocondrial (Arder *et al*., 2019); esto para propiciar la persistencia del folículo. El presente estudio se centró en la identificación y caracterización de genes que activan o inhiben la apoptosis en folículos preovulatorios *in vitro* provenientes de ovejas y expuestos a selenometionina.

Materiales y métodos

Ovarios se obtuvieron de ovejas con lana, de razas mixtas, sexualmente maduras. Las ovejas se sacrificaron en un rastro de Texcoco, Estado de México. Los ovarios extirpados de ovejas postmortem, se transportaron al laboratorio inmersos en solución salina estéril y fría (con 0.01% de antibiótico de amplio espectro). Los ovarios se limpiaron, se lavaron y con ayuda de microscopio estereoscópico se midió el diámetro folicular utilizando vernier electrónico, se seleccionaron solo folículos preovulatorios (diámetro ≥ 6mm) y se extrajeron, todo en condiciones estériles. Se seleccionaron 36 folículos preovulatorios y se colocaron 3 folículos por tubo (tipo eppendorf de 2 mL) con 1 mL de medio de cultivo. (solución salina preparada con antibiotico y medio esencial mínimo; MEM (medio básico de cultivo celular).

El diseño experimental consistió en 2 grupos: testigo y tratamiento con selenometionina con 6 repeticiones y tres unidades experimentales por cada tratamiento: Los folículos testigo se mantuvieron en medio de cultivo y adición de 100 UI mL-1 de gonadotropina coriónica equina (eCG). A los del grupo tratamiento además se les adicionó 10 ng mL-1 de selenometionina.

Todos los folículos permanecieron en incubación durante 24 horas con 37°C en aire humidificado al 95 % y 5% CO2. Al término del cultivo, los folículos se enjuagaron con medio de cultivo fresco y se colocaron en tubos eppendorf nuevos para ser congelados con nitrógeno líquido, se almacenaron a -80°C hasta el momento en que se extrajo el ARN.

Extrajo el ARN total de los folículos para lo que se utilizó la técnica de TRIzol. El ARN obtenido se evaluó cuantitativa y cualitativamente mediante absorbancia y geles de agarosa.

Las muestras de ARN total se procesaron en la Unidad de Microarreglos de ADN de la Universidad Nacional Autónoma de México, para lo cual, del ARN total se sintetizó ADNc con el kit para transcriptasa reversa, el ADNc se hibridó con chip para microarreglo de ratón M22K_11_06 y adición de Alexa-555 y Alexa-647. La matriz de salida de datos emitida por el escáner de análisis del microarreglo se normalizo con el paquete estadístico GenArise, el cual compara la expresión génica entre diferentes condiciones experimentales; en este caso folículos cultivados con selenio y sin selenio, los datos normalizados se consideraron para realizar el estudio de DEGS (genes diferencialmente expresados). Para el caso

específico en interacción génica en el proceso de apoptosis, se consideraron como DEGS los que presentaron valor de z-score de -2.5 a 2.5; dependiendo de la regulación positiva (sobreexpresados) o negativa (subepresados). Para explorar las rutas biológicas afectadas por el tratamiento con selenometionina, se realizó análisis de clustering con el programa DAVID (https://david.ncifcrf.gov/)
Con transformación de datos a formato de símbolo génico oficial y relación con ovino (*Ovis aries*). La matriz de genes en *Ovis aries* se analizó con ontología de genes (GO; por sus siglas en inglés) y Kioto para Genes y Genomas (KEGG).
La visualización de la interacción génica de las vías (red génica) se realizó con el programa Cytoscape v3.7.2. sin embargo, para este caso se consideraron otros cuatro términos que fueron: fase de la vía de señalización, la vía extrínseca, la vía intrínseca y genes de estas vías que activan a otros genes que culminan en la fase de ejecución de la apoptosis.

Resultados y discusión
La clasificación funcional en base a GO arrojó grupos de genes que participan en el proceso apoptótico. De 22 DEGs involucrados en apoptosis se clasificaron de la siguiente manera: 12 genes pertenecen al proceso apoptótico general, 3 genes a la señalización apoptótica, 3 genes a la vía apoptótica extrínseca, 3 genes a la vía apoptótica intrínseca y 1 gen a la fase de ejecución de la apoptosis.

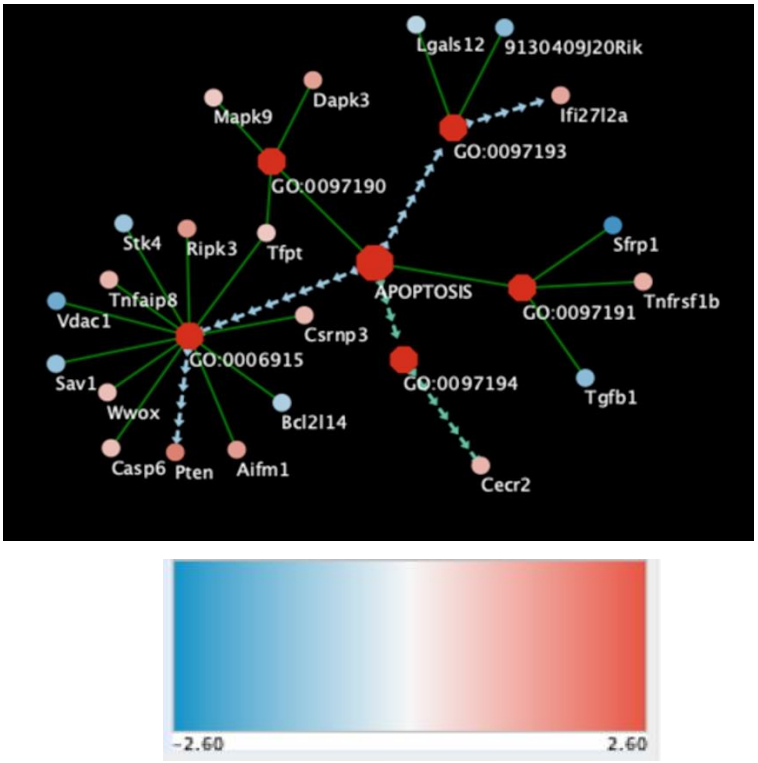


Figura 1. Rutas génicas involucradas con apoptosis en folículos preovulatorios de oveja expuestos *in vitro* a selenometionina. En el panel superior; se muestran las rutas génicas y los genes ejemplificados con círculos pequeños, mientras que, los términos o nódulos génicos se muestran en círculos de mayor tamaño. Flechas discontinuas en color azul claro, muestran la ruta intrínseca de activación de apoptosis. Flechas en color verde muestran la ruta ejecutora de apoptosis. Las claves de ontología de genes son: GO:0006915: proceso apoptótico general, GO:0097190: Vía de señalización apoptótica, GO:0097191: Vía de señalización apoptótica extrínseca, GO:0097193: Vía de señalización apoptótica intrínseca, GO:0097194: Fase de ejecución de la apoptosis. En el panel inferior, se presenta la escala de colores considerada para el valor de expresión.

Los resultados sugieren que la selenometionina actúa como un modulador transcripcional de la apoptosis en folículos preovulatorios de oveja cultivados *in vitro*, promoviendo la activación coordinada de genes pro-apoptóticos. Se observó sobreexpresión de **Pten**, que inhibe la vía PI3K/AKT y favorece la activación de la vía mitocondrial de apoptosis, lo cual ha sido descrito previamente en estudios sobre regulación de muerte celular (Song *et al*., 2012). Asimismo, genes como **Ifi27l2a** y **Ripk3** se expresaron de forma elevada, indicando la participación de rutas de apoptosis y necroptosis inducidas por estrés celular (Newton *et al*., 2016) esta última poco o nulamente mencionada en reportes anteriores. En esta investigación, igualmente se observó la expresión de genes ejecutores como **Casp6**, junto a **Dapk3**, **Aifm1**, y **Wwox**, esto refuerza la hipótesis, de que la selenometionina no solo inicia sino también ejecuta la cascada apoptótica, Además, la activación de reguladores transcripcionales como **Klf11** y **Phlda2** sugiere un papel regulador en el balance entre proliferación y muerte celular (Qian *et al*., 2017). Por otro lado, la represión de **Vdac1**, **Stk4**, **Sav1** y **Tgfb1** indica una modulación compleja del umbral apoptótico y de las vías de señalización celulares. Este patrón sugiere efecto dependiente del contexto celular, compatible con la dualidad funcional del selenio descrita por Shoshan-Barmatz *et al*. (2010). En conjunto, la selenometionina parece promover reequilibrio funcional del destino celular, eliminando células comprometidas y manteniendo la integridad del microambiente folicular.

Conclusión

En conjunto, estos resultados permiten observar el impacto que tiene el selenio (selenometionina) en la regulación de genes apoptóticos en folículos preovulatorios *in vitro*. La selenometionina actúa como modulador de genes tanto pro-apoptóticos como anti-apoptóticos para promover la homeostasis celular folicular.

Agradecimientos

A la Línea de investigación, Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo.

Referencias bibliográficas

1. Youle, RJ y Strasser, A. (2008). La familia de proteínas BCL-2: actividades opuestas que median la muerte celular. *Nature Reviews, Molecular cell biology*, *9* (1), 47-59.
2. Ader, NR., Hoffmann, PC., Ganeva, I., Borgeaud, AC., Wang, C., Youle, RJ., & Kukulski, W. (2019). Molecular and topological reorganizations in mitochondrial architecture interplay during Bax-mediated steps of apoptosis. *Elife*, *8*, e40712.
3. Song, MS., Salmena, L., & Pandolfi, PP. (2012). The functions and regulation of the PTEN tumour suppressor. *Nature Reviews Molecular Cell Biology,* 13(5), 283-296.
4. Newton, K., Wickliffe, KE., Dugger, DL., Maltzman, A., Roose-Girma, M., Dohse, M., … & Dixit, V. M. (2016). RIPK3 in cell death and inflammation: The Good, the Bad, and the Ugly. *Immunity*, 44(3), 453-465.
5. Qian, Y., Zhang, J., Yan, B., Chen, X., & Li, N. (2017). PHLDA2 inhibits cell proliferation and induces apoptosis in human glioma cells. *Oncology Reports,* 37(3), 1609-1616.
6. Shoshan-Barmatz, V., Keinan, N., & Zaid, H. (2010). VDAC1 at the crossroads of cell metabolism, apoptosis and cell stress. *Cell Stress & Chaperones*, 15(3), 231-241.

EVALUACIÓN DEL GNRH 34 EN PROTOCOLOS DE SINCRONIZACIÓN DE OVULACIÓN PARA IATF EN GANADO CARNICO DE ORIGEN SINTETICO.

Vianney Alejandra Manzanares Nájera[1]; Nelson Manzanares Miranda[2] Gabriela Lissete Rodríguez Tamez[1]; Denisse Melissa Garza Hernández[1]; Miguel Ángel Camacho Aranda[1]; José María Corpus Martínez[2]; J. Rubén Cervantes Vega[1]*.

[1] FMVZ UANL; [2] Centro de Investigación y Producción Agropecuaria UANL

*Autor para correspondencia: ruben.cervantesvg@uanl.edu.mx

Palabras clave. IATF, progesterona, buserelina.

Introducción

Algunas características fundamentales de un programa de manejo reproductivo exitoso en el ganado productor de carne incluyen el identificar los animales de mayor rendimiento y la toma de decisiones para implementar estrategias para incrementar la eficiencia reproductiva, incrementar la presión de selección y disminuir el intervalo generacional, algunas de las estrategias incluyen: Evaluar la condición corporal para incorporar vacas con una condición corporal de 5 (escala de 1 a 9) al inicio de la temporada reproductiva, acortar la temporada de reproducción para lograr un parto por cada año de la mayoría de las vacas, realizar utilizar programas de inseminación artificial (IA) con semen evaluado para diferencias esperadas de la progenie para mejorar la genética del rebaño a través de la selección o el cruzamiento con objetivos definidos, particularmente el uso de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), que genera ahorros en movimiento de ganado, uso de mano de obra y la posibilidad del servicio de IA por profesionales al agrupar vacas en cantidades importantes de vacas listas para el servicio en un periodo muy corto de tiempo previamente determinado, el diagnostico de gestación temprano y eliminar todas las hembras sin preñar (abiertas) entre 30 y 60 días del final de la temporada de reproducción.

En los programas de IATF, la concentración de progesterona elevada en el momento de aplicar prostaglandina F2α y reducida al tiempo de la inseminación artificial (IA) son fundamentales para maximizar la tasa de preñez por IA posterior en las vacas lecheras, pero puede ser menos crítica en las vacas de carne(1).

La mayoría de los tratamientos para utilizar en la IATF en América del Sur, se han basado en el uso de dispositivos liberadores de progesterona y esteres de estradiol para sincronizar tanto la aparición de ondas foliculares como la ovulación, con tasas de preñez que oscilan entre el 40 y el 60%. Estos protocolos se implementan de forma regular, lo que permite a los productores acceder a genética de alta calidad y aumentar las tasas generales de preñez durante la temporada de reproducción. Muchas de estas prácticas reproductivas aparentemente corren ahora riesgo debido a las restricciones al uso de estradiol por parte de la Unión Europea (UE) y otros países. Sin embargo, están en desarrollo protocolos alternativos basados en GnRH, con dispositivos intravaginales de progesterona y gonadotropina coriónica equina y otros nuevos productos(2).

El objetivo de esta investigación fue determinar sí la concentración de progesterona sérica al inicio (día 0), al momento de la aplicación intramuscular de prostaglandina F2α (día 8) y previo a la IATF (día 10), de dos protocolos de sincronización de ovulación con variación en el producto hormonal y el tiempo de aplicación utilizado para inducir la ovulación, tienen efecto sobre la tasa de preñez a primer servicio de IATF en ganado cárnico de origen sintético.

Materiales y métodos

Un total de 50 vacas de la raza Brangus (ganado sintético mezcla de 5/8 Angus y 3/8 Brahman) de 95±38 meses de edad, en el mes de febrero de 2023 fueron evaluadas transrectalmente por ultrasonido (Prosound con transductor multifrecuencia) y una vez diagnosticadas como no gestantes, fueron sometidas a una evaluación de condición corporal (ECC) obteniendo 4.4±.34 en escala del 1 al 9 y designadas aleatoriamente para recibir uno de los dos protocolos de sincronización de ovulación para realizar IATF. Las vacas se mantuvieron durante el año en una unidad de producción del municipio de Villagrán, Tamaulipas, en libre pastoreo de zacate Buffel, suplementadas con sal mineral proteica de con 4% de fósforo y un 40% de proteína y agua a libre acceso.

El programa de sincronización de ovulación y actividades adicionales en las muestra de vacas consistió en lo siguiente: El día 0 o día de inicio del protocolo, se les realizó la evaluación ultrasonográfica, se extrajo utilizando aguja de calibre 18 y tubo vacutainer sin anticoagulante una muestra con cinco ml de sangre, se aplicó 2 mg de benzoato de estradiol intramuscular (IM) y se insertó con el aplicador previamente desinfectado intravaginalmente un dispositivo liberador con 1.9 g de progesterona natural (CIDR).
El día 8 del protocolo, se extrajo el CIDR, se extrajo muestra de sangre en forma similar a lo descrito para el día 0 y se inyecto 25 mg de dinoprost trometamina un análogo de prostaglandina F2α. Hasta aquí el manejo y actividades para los dos grupos asignados para evaluar el tratamiento hormonal fueron similares.
A las vacas a las que se les había asignado el tratamiento denominado GnRH 34, les fue aplicado cipionato de estradiol (ECP) 0.5 mg y buserelina 10.5 mg (análogo de GnRH) en forma intramuscular, a las 34±2 h después de haber retirado el CIDR. El día 10 del protocolo las vacas fueron evaluadas transrectalmente por ultrasonido (Prosound con transductor multifrecuencia) revisando las estructuras ováricas presentes, se les extrajo una muestra de sangre utilizando el procedimiento descrito previamente e inseminadas con semen fresco diluido de un solo donante, por un inseminador experimentado.
A las vacas a las que se les asigno el tratamiento denominado Control se les administro 2 mg de benzoato de estradiol 24±2 h después de haber retirado el CIDR. El día 10 del protocolo las vacas fueron evaluadas transrectalmente por ultrasonido (Prosound con transductor multifrecuencia) revisando las estructuras ováricas presentes, se les extrajo una muestra de sangre utilizando el procedimiento descrito previamente e inseminadas con semen fresco diluido de un solo donante, por un inseminador experimentado.
Las muestras de sangre se mantuvieron en refrigeración a 5 °C hasta su centrifugación y separación del suero en el Laboratorio de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nuevo León, los sueros obtenidos fueron almacenados en tubos eppendorf de 2 ml, etiquetados y mantenidos en congelación a -20 °C hasta que la determinación de progesterona fue efectuada
Las muestras de suero que previamente estuvieron congeladas a -20 °C fueron descongeladas e invertidas (algunas) cinco veces antes del ensayo y se siguió el procedimiento establecido por el fabricante del kit de ELISA DRG Progesterone, utilizando un lector de placas Epoch.
La concentración de progesterona sérica para evaluar el entorno de progesterona antes y durante la sincronización fue categorizada mediante adaptaciones menores a uno de los modelos propuestos por[3], se considera las concentraciones altas (≥1 ng/mL) y bajas (<1 ng/mL) para distinguir a las vacas que tenían ciclos estrales (ciclos) antes de que se iniciara la sincronización o que no tenían ciclos estrales (no cíclicos) antes del inicio de la sincronización.
El diagnostico de gestación se efectúo a los 45 días después de la IATF por un profesional calificado utilizando ultrasonido transrectal (Prosound con transductor multifrecuencia).
Los datos de la población se analizaron a través de un modelo de Chi cuadrado para determinar la igualdad de proporciones en la población en la tasa de preñez por IATF. Los datos cualitativos y cuantitativos fueron sometidos a una prueba de regresión logística binaria, con variable dicotómica, factores la ECC, la concentración de progesterona el día 0, 8 y 10 de los protocolos y los tratamientos evaluados. La concentración de progesterona el día 10 de los protocolos como variable dependiente fue analizada por un modelo de análisis univariado de varianza, utilizando como covariables la ECC, la concentración de progesterona el día 0, 8 de los protocolos y como factor los tratamientos evaluados, todos los análisis se efectuaron mediante el software: IMB SPSS Statistics versión 29.0.2.(20).

Resultados y discusión

No se encontró diferencia significativa en la tasa de preñez a los 45 días después de la IATF, entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1, p >0.05). En el Cuadro 2 se presentan los valores de concentración de progesterona encontrada durante el desarrollo de protocolos de sincronización de ovulación para uso en la IATF. Se analizó la concentración de progesterona día 10 de los tratamientos mediante un modelo lineal genera univariado, considerando como variables los tratamientos, la ECC al día 0, progesterona día 0, progesterona día 8 y la interacción entre tratamientos y concentración de progesterona los días 0 y 8. Se encontró una diferencia altamente significativa en la concentración de progesterona el día 8 ($p < 0.001$), lo cual era esperable debido a la administración intravaginal del CIDR. Sin embargo, no se observaron diferencias en las demás variables incluidas. El modelo corregido se encontró significativo ($p<0.001$) R al cuadrado = .802 (R al cuadrado ajustada = .774). Asimismo, no se identificó una diferencia significativa en la concentración de progesterona el día 10, momento en el que se realizó la IATF, entre los tratamientos evaluados ($p > 0.05$). Los resultados reportados difieren de los reportado por[4], quienes encuentran que la

administración de GnRH 34 h después de la extracción del dispositivo liberador de progesterona se asoció con un aumento de la tasa de preñez a primer servicio en vacas de carne amamantadas tratadas con un protocolo de IATF basado en estradiol/progesterona y sugieren que la administración de GnRH 34 h después de la ECP produce una mayor tasa de preñez que la administración de ECP sola, como inductor de la ovulación.

Cuadro 1.- Chi cuadrado de igualdad de proporciones en la tasa de preñez por IATF en la muestra.

		Resultado del diagnóstico de gestación		
		Gestante	Vacía	Total
Tratamiento	GnRH 34	11_a	15_a	26
	Control	11_a	13_a	24
Total		22	28	50

Cada letra del subíndice denota un subconjunto de diagnóstico de gestación, categorías cuyas proporciones de columna no difieren de forma significativa entre sí en el nivel .05.

Los resultados obtenidos coinciden parcialmente con los encontrados por[5], que reportaron que, en ganado cebuíno, la sincronización de la ovulación no difirió entre grupos. Sin embargo, las vacas tratadas con el protocolo ECP-GnRH 34 tendieron a tener una mejor tasa de concepción a primer servicio en comparación con las vacas tratadas únicamente con GnRH 34: Reportan además que no se observaron diferencias en la tasa de preñez a primer servicio por IATF entre los grupos tratados con GnRH, sugieren que la administración de GnRH se realice únicamente en programas de IATF para vacas que no presentan signos de estro hasta 48 horas después de la eliminación del CIDR. Consideran que con este enfoque se obtiene una tasa de preñez similar a la observada en vacas tratadas con el protocolo ECP-GnRH 34.

Cuadro 2. Estadística descriptiva de progesterona sérica (ng / ml) en Protocolos IATF evaluados.

Protocolos	GnRH 34					Control				
Día	N	Media	DE	Mínimo	Máximo	N	Media	DE	Mínimo	Máximo
Progesterona día 0	26	1.55	2.43	0.10	10.18	24	1.61	2.6	0.19	10.19
Progesterona día 8	26	2.29	1.79	0.72	9.37	24	2.02	1.24	0.36	4.81
Progesterona día 10	26	0.41	0.39	0.13	1.97	24	0.30	0.27	0.03	1.15

Conclusiones

El tratamiento con GnRH 34 h después de la extracción del dispositivo liberador de progesterona tiene una eficacia similar en cuanto tasa de preñez y concentración de progesterona al tratamiento estándar en México en donde se utiliza benzoato de estradiol a las 24 h después de la extracción de los dispositivos liberadores de progesterona en los programas de sincronización de ovulación en donde se utilizará IATF en ganado cárnico sintético.

Agradecimientos y fuente financiadora

Programa de Apoyo y Fortalecimiento a la Investigación de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UANL; Aprobado por Comité de Bioética y Bienestar Animal FMVZ UANL: Dictamen 055/2024.

Referencias bibliográficas

1. Stevenson JS, Lamb GC. Contrasting effects of progesterone on fertility of dairy and beef cows. J Dairy Sci 2016;99(7), 5951–5964. https://doi.org/10.3168/jds.2015-10130
2. Bó GA, Menchaca A. Prohibition of hormones in animal reproduction: what to expect and what to do?, Anim Reprod 2023;20(2), 1–14. https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0067
3. Stevenson JS, Hill SL., Bridges GA, Larson JE, Lamb GC. Progesterone status, parity, body condition, and days postpartum before estrus or ovulation synchronization in suckled beef cattle influence artificial insemination pregnancy outcomes. J Anim Sci 2015;93(5), 2111–2123. https://doi.org/10.2527/jas.2014-8391
4. Barbosa IP, Cestaro JP, Silva SA, Noleto GS, Gonçalves RL, Silva GM, et al. GnRH34: An alternative for increasing pregnancy in timed AI beef cows. Theriogenology 2022;179, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.11.014
5. Silva S A, Mondadori RG, Noleto GS, Barbosa IP, Gonçalves RL, Gasperin BG, et al. GnRH34 with or without estradiol cypionate in timed AI in Bos indicus beef cows. Theriogenology 2023;209, 134–140. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.06.026

.

COMPLEMENTACION A CORTO PLAZO DE UN PRECURSOR GLUCONEOGÉNICO, NIVELES DE GLUCOSA Y CUERPOS CETONICOS EN OVEJAS SINCRONIZADAS AL ESTRO.

José A. Neri-Hernández[4], Ma. De los Angeles-Miramontes[2], Guadalupe Calderón-Leyva[2], Alan S. Alvarado-Espino[2], Edgar Diaz-Rojas[2], José LucianoTadeo-Ruiz[3], Julieta Z. Ordoñez-Morales[2], Oscar Ángel-García[1]*

[1]Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, UAAAN UL, [2]Departamento de Producción Animal, UAAAN UL, [3]Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, UAAAN UL, [4]Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAAAN UL.

*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: precursor de energía, proteína sérica, cetosis.

Introducción

El desarrollo ganadero sostenible requiere estrategias adecuadas para cubrir la escasez de carne y leche que necesitan los seres humanos. Debido a la creciente demanda de leche y carne en el mundo, los especialistas continúan explorando nuevos enfoques para mejorar la producción de carne y leche mediante diferentes estrategias (Mohammed *et al*. 2021). Los precursores de glucosa (GLUC) que activan y estimulan las vías metabólicas que producen energía y otros metabolitos cuya función es optimizar la utilización de los ingredientes de una ración estimulando la gluconeogénesis que se lleva a cabo en principalmente el hígado, de esta vía se genera GLUC fuente de energía para llevar a cabo procesos fisiológicos como: reproducción, ganancia de peso vivo y producción de leche (Chiofalo *et al*., 2005; Mohammed *et al*. 2021; Alon *et al*., 2020). La GLUC es un nutriente fundamental para la producción de energía ya que proporciona casi el 80% de la energía metabolizable consumida por los animales (Flores-Santiago *et al*., 2022). Las enfermedades metabólicas que ocurren principalmente durante el inicio de lactancia en rumiantes con alta producción de leche se deben a la alta demanda de energéticas y a el bajo consumo dietario de carbohidratos, así como a fallas en los mecanismos de adaptación del balance energético negativo, esto conlleva a concentraciones elevadas de cuerpos cetónicos en tejidos y fluidos corporales (Alon *et al*., 2020; Mohammed *et al*. 2021). Durante este período se observó una disminución y alteraciones de la dinámica de los folículos ováricos, la calidad de los ovocitos, la ingesta y utilización de alimento, y los perfiles de metabolitos y hormonas (Mohammed *et al*. 2021). Los aditivos alimentarios y la estrategia de manejo durante este período son factores importantes y críticos para mejorar la eficiencia de utilización del alimento, la salud corporal a través de los valores sanguíneos y de metabolitos, la producción y composición de la leche, y la restauración de la actividad ovárica en pequeños rumiantes (Mohammed *et al*. 2021). El objetivo fue evaluar la complementación alimenticia a corto plazo de un precursor gluconeogénico sobre los niveles de glucosa y cuerpos cetónicos de ovejas Dorper sincronizadas al estro.

Materiales y métodos

Lugar de estudio, condiciones climáticas y manejo de las hembras.

El experimento se realizó las instalaciones de la posta ovina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN UL), durante los meses de febrero y marzo del 2025 en el norte de México (25°LN) bajo un sistema de producción intensivo. El clima de la región es semidesértico, el lugar tiene una altitud de 1,139 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA, 2015).

Se utilizaron 19 hembras ovinas multíparas anovulatorias de la raza Dorper, homogéneas en cuanto a peso vivo (PV; 44.8 ± 3.2 kg) y condición corporal (CC; 2.7 ± 0.3 unidades). Durante el período experimental las hembras fueron alimentadas con heno de alfalfa (PC;17%) y ensilaje de maíz (PC;6.8), agua a libre acceso y corrales provistos de sombra.

Tratamiento de hembras.
Las hembras fueron seleccionadas completamente al azar, y asignadas a dos tratamientos: 1) hembras tratadas (GT; n=10) con 50 mL por VO de un sustrato gluconeogénico (1-2 propanadiol 4% y propionato de sodio al 11%) durante 7 días, iniciando el día -7, y 2) hembras, control (GC; n=9) que no recibieron ningún tratamiento.

Sincronización del estro.
Al inicio de la complementación alimenticia (Día -7), y con el fin de sincronizar e inducir el estro, a todas las ovejas se les introdujo una esponja intravaginal que contenía 65 mg de acetato de medroxiprogesterona (Serigan, Lab., Ovejero, México), y al momento del retiro (Día 0) se les administró 200 UI de Gonadotropina coriónica equina (Chorolum®, Intervet México) vía IM.

Peso vivo y condición corporal
El PV se determinó al inicio (Día -7) y al final (Día 14) del periodo de estudio mediante una báscula de plataforma (Torrey FS250) con una capacidad de 250 kg. Mientras que la CC se determinó al inicio (Día -7) y al final (Día 14) mediante la técnica descrita por Walken-Brown (2003) donde 1; un animal muy flaco y 5; muy gordo, la cual consistió en la palpación y observación de diferentes áreas de la cabra para determinar el nivel de cobertura de grasa.

Determinación de glucosa y cuerpos cetónicos
La glucosa (GLUC) se determinó al incio (Día -7) y posteriormente cada 7 días del periodo de estudio, mediante una venopunción yugular con una aguja vacutainer (21 G x 38 mm) obteniendo una gota de sangre (10 µ) lo cual era colocada en una tira reactiva para glucosa través de un glucómetro (Free Staley Optium Neo®), el resultado se expresó en mg/dL. Los cuerpos cetónicos (CCET) se determinaron a la par con la GLUC utilizando una gota de sangre (10 µ) lo cual era colocada en una tira reactiva para cetonas (β-Ketone) a través de un glucómetro (Free Staley Optium Neo®), y el resultado se expresó en mmol/L.

Resultados y discusión
El PV (44.4± 3.6), y la CC (2.8±0.1), no se vieron afectados de manera significativa por el tratamiento (P>0,05). Nuestros resultados son contrarios a los encontrados por Mohammed *et al*. (2021) en ovejas tratadas con pripilenglicol (PPG) como precursor de energía obteniendo una mayor ganancia de PV en las ovejas del grupo tratado. Es probable, que los resultados encontrados en nuestro estudio se deban a que nuestras ovejas obtenían los nutrientes digestibles necesarios a través de la dieta para cubrir sus necesidades fisiológicas y mantener su peso corporal. Los niveles de GLUC (44.3 ± 1.7) y CCET (0.24 ± 0.0) no mostraron diferencia estadística (P>0,05) entre tratamientos. Lo anterior, es contrario a lo reportado por otros autores (Alon *et al.,* 2020; Mohammed *et al*., 2021) que menciona un efecto del PPG sobre los niveles de GLUC. Además, la suplementación con PPG antes del parto disminuyó la concentración de cuerpos cetónicos y aumentó los niveles de GLUC en el plasma de las ovejas tratadas (Chiofalo *et al*., 2004), lo que es contrario a nuestros resultados. Es probable, que al no elevar los niveles de GLUC en las ovejas tratadas, no se vio afectada la concentración de CCET. En efecto, las disminuciones de los cuerpos cetónicos en sangre esta relacionado con altos niveles de GLUC en sangre por efecto de los precursores de energía provocando su disminución de los mismos (Alon *et al.,* 2020). Sin embargo, existió una interacción de tratamiento a través del tiempo para niveles de GLUC y concentraciones de CCET. Los resultados del presente estudio demuestran que el tratamiento por 7 días con sustrato gluconeogénico no afecto las concentraciones de GLUC y CCET.

Conclusiones
Nuestros resultados demuestran que la complementación con un precursor gluconeogénico a corto plazo no afecto el estatus metabólico de las ovejas Dorper sincronizadas al estro. Se sugiere que en investigaciones posteriores se evalúen perfiles metabólicos que estén relacionados con el metabolismo energético, así como la respuesta reproductiva.

.

Referencias bibliográficas

1. Alon, T., Rosov, A., Lifshitz, L., Dvir, H., Gootwine, E., & Moallem, U. (2020). La respuesta distintiva a corto plazo de las ovejas prolíficas preñadas tardías al empapado de propilenglicol o glicerol. *Revista de Ciencia de los Lácteos*, *103*(11), 10245-10257.
2. Chiofalo, V., Todaro, M., Liotta, L., Margiotta, S., Manzo, T., & Leto, G. (2005). Efecto del propilenglicol en el rendimiento pre y postparto de las ovejas lecheras. *Investigación sobre pequeños rumiantes*, *58*(2), 107-114.
3. Mohammed, A. A., Al-Hizab, F., Al-Suwaiegh, S., Alshaheen, T., Kassab, A., Hamdon, H., & Senosy, W. (2021). Effects of propylene glycol on ovarian Restoration, reproductive performance, Metabolic status and milk production of Farafra ewes in subtropics. *Fresen. Environ. Bull*, *30*(7), 8192-8202.
4. Santiago Sanabria, L., Islas Tezpa, D., & Flores Ramos, M. (2022). Trastornos del estado de ánimo en el postparto. *Acta Médica Grupo Ángeles*, *20*(2), 173-177.

.

EXPRESIÓN DE LA CICLOOXIGENASA 2(COX-2) EN EL EPITELIO LUMINAL DEL ÚTERO DE LA BURRA ALREDEDOR DE LA LUTEÓLISIS.

Maricruz Diaz- Duran[1*], Myriam Boeta-Acosta [2]

[1,2] Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

*Autor para correspondencia:zaidiram@hotmail.com

Palabras clave: Ciclooxigenasa 2, Luteólisis, Burra.

Introducción

El presente estudio presenta un enfoque particular en la luteólisis y la expresión de la ciclooxigenasa-2 (COX-2) en el útero de la burra.

Los burros son importantes y valiosos en países menos industrializados, pero su población ha disminuido, considerándose en peligro de extinción. A pesar de su importancia, la conservación de esta especie no ha recibido suficiente atención, especialmente en Latinoamérica.

Las prostaglandinas son hormonas derivadas de ácidos grasos que influyen en varios sistemas del organismo, incluyendo el aparato reproductor, destacando la PGF2α en la regresión del cuerpo lúteo (CL) en diversas especies. Durante el diestro, la PGF2α se libera en el útero, estimulando la luteólisis alrededor de los días 13 y 15 postovulación en yeguas y burras. Sin embargo, aún no se comprenden completamente los factores que regulan su expresión en équidos.

Existen dos isoformas de la enzima ciclooxigenasa (COX-1 y COX-2) que catalizan la síntesis de prostaglandinas, siendo la COX-2 crucial para la producción de PGF2α en el epitelio uterino. Se ha demostrado que la extirpación del útero prolonga la vida del CL en varias especies.

Por lo anterior, podríamos deducir que, tanto en otras especies como en las burras, la COX-2 y la PGF2α están involucradas en la reducción de las concentraciones de progesterona indicativa de luteólisis funcional. En burras, se ha determinado el control de la producción de COX-2 en el útero, usando antinflamatorios al momento de la inseminación, pero no se ha determinado su presencia durante la fase lútea del ciclo estral, ni su correlación con la PGF2 α. Por ello, se tiene como objetivo, determinar la expresión de COX-2 en el epitelio uterino durante la luteólisis en la especie *Equus asinus.*

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Clínica de Reproducción de Équidos, utilizando 12 burras criollas para evaluar la expresión de COX-2 en útero al final del ciclo estral. Se utilizaron técnicas de ultrasonografía doppler para monitorear el ciclo y determinar: 1) día de la ovulación (día 0), 2) día con mayor y menor irrigación en la glándula lútea (CL), 3) tamaño del CL. Las imágenes fueron analizadas con Image J Image Processing and Análisis in Java v1.46r

Las muestras de sangre fueron colectadas de la yugular antes de realizar el procedimiento de obtención de biopsia en los días 10, 12, 14, 16 y 18 pos-ovulación. Las muestras se procesaron y se conservaron para medir las concentraciones séricas de progesterona a través de ELISA.

Se tomaron muestras de endometrio mediante biopsia con pinza uterina Hauptner. Las biopsias se obtuvieron en los días 10, 12, 14, 16 y 18 pos-ovulación, una biopsia por día/ciclo/burra. (día 0 = día de ovulación), n = 12muestras por día). La muestra obtenida se almacenó en formalina tamponada neutra al 10% y se realizó la determinación de COX-2 a través de inmunohistoquímica con la técnica estándar de inmunoperoxidasa estreptavidina-avidina biotina. Las imágenes obtenidas fueron analizadas con el programa QuPath Software for Bioimage Analysis v0.5.1

El análisis estadístico se realizó con IBM® *SPSS* Statistics 25.0; la normalidad de los datos se analizó con la prueba Shapiro-Wilk ($P > 0,05$) y la correlación de las variables con prueba de Pearson ($P > 0,05$).

Resultados

Se realizó una correlación entre los días del diestro de la burra y las concentraciones de progesterona (P4). Se observó una correlación negativa, donde, conforme pasan los días del diestro, la P4 disminuye de manera significativa ($p<0.05$) hacia el final del ciclo.

Los ciclos de las burras se clasificaron en cortos, medios y largos, con un total de 4 burras con ciclos largos(>26,2d), 4 con ciclos medios (23,9d) y 6 con ciclos cortos(21,2d).

Sobre la relación de los píxeles con el diámetro del CL, se obtuvo la siguiente gráfica (figura 1), donde se observa que no hay suficiente evidencia para concluir que existe una relación entre las variables en los primeros días del diestro, pero sí existe una relación estadísticamente significativa entre las dos variables del día 9 PO hacia el final del diestro siendo esta una correlación positiva (p<0.01).
En el análisis década corte histológico se pudo observar que hacia el día 14-16 del ciclo existe una intensa expresión de COX-2 en el tejido, en comparación con las muestras de los días 10-12 del ciclo donde hay una tinción débil o ausente de COX-2. (figura 2).

La correlación de la P4 (ng/ml) y la expresión de COX2 con respecto a los días alrededor de la luteólisis se expresa en una relación negativa, sin ser significativa hacia el final del ciclo.(p>0.05).(figura 3).

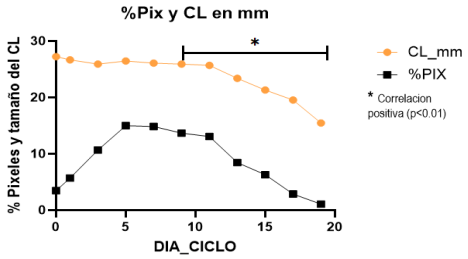


Figura 1. Correlación del porcentaje de color y diámetro del cuerpo lúteo. La correlación de las variables es positiva hacia el final del diestro con una significancia del (p<0.01) (*).n=13 ciclos.

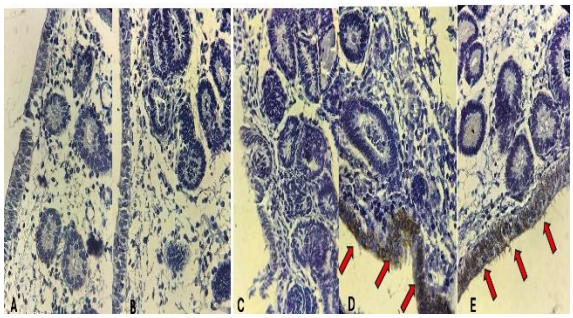


Figura 2. Imágenes representativas que muestran secciones de biopsias teñidas con H/E y marcaje inmunohistoquímico de COX-2. A) día 10 PO, B) día 12PO, C) día 14 PO , D) día 16 PO E) día 18 PO . las flechas indican la sección del tejido con mayor expresión de COX 2 siendo esta mayor en el epitelio luminal.

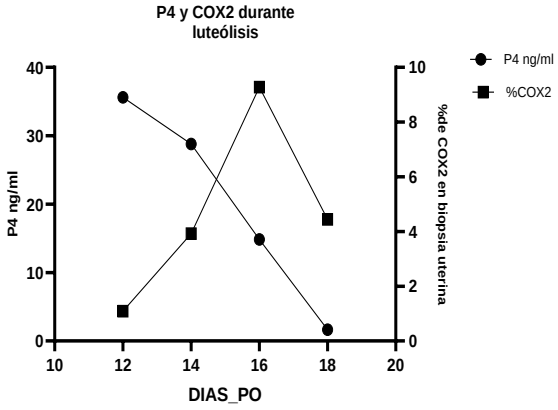


Figura 3. Correlación de la P4 y COX-2 con los días alrededor de la luteólisis. A partir del día 14 PO se observa un incremento de la COX que coincide con la disminución de P4, evidenciando una correlación negativa (p > 0,05) durante la luteólisis.

Discusión

En cuanto a la duración del ciclo estral se encontró un promedio de 23.6 días en el ciclo estral de burras, consistente con estudios previos, lo que sugiere una buena repetibilidad entre individuos.
La técnica de evaluación con ultrasonografía doppler mostró correlaciones positivas entre el flujo sanguíneo del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona. Por lo tanto, los resultados obtenidos de esta sección juegan un papel importante para determinar la funcionalidad del CL, aunque no es posible deducir el nivel absoluto de progesterona usando solo esta técnica.
Se hipotetiza a través de lo observado en la ultrasonografía doppler y las concentraciones de P4 que el inicio de la luteólisis ocurre alrededor del día 14.5 después de la ovulación, con una finalización el día 17.7, indicando un tiempo mayor para la caída de progesterona en burras en comparación con yeguas.
La expresión de COX-2, se observó entre los días 16 y 18 del ciclo, lo que puede indicar un proceso de luteólisis funcional debido a que se reducen en este periodo las concentraciones de P4. En reproducción

la síntesis de COX-2 se encuentra mayormente en células epiteliales del endometrio, sugiriendo que estas son clave en la síntesis de prostaglandinas detrimentando la estructura lútea y su función.

Conclusión

Este estudio es fundamental para entender la fisiología reproductiva de las burras, de manera general se concluye que durante la luteólisis funcional hay un aumento de la expresión de COX -2 en útero, así como la disminución en los niveles de P4 sistémica hacia el final del ciclo. Hasta donde sabemos este es el primer trabajo que caracteriza este evento en el ciclo estral de la burra, además de sugerir que la ultrasonografía doppler es una herramienta útil para monitorear la luteólisis en esta especie.

Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia y la Clínica de Reproducción de Équidos-UNAM. Este estudio fue financiado por el PAPIIT IN 223920.

Referencias bibliográficas

1. Boerboom D, Brown KA, Vaillancourt D, Poitras P, Goff AK, Watanabe K, Doré M, Sirois J. (2004). Expression of key prostaglandin synthases in equine endometrium during late diestrus and early pregnancy. Biology of Reproduction; 70: 391–399.
2. Díaz M, Zarco L., Boeta A. M. Ovarian dynamics and estrous cycle length in the donkey (Equus asinus). Theriogenology,2017; 103: 1-8.
3. Li, N., Yang, F., Yu, J., Yang, W., Wu, S., Ma, J., ... & Zeng, S. (2021). Characteristics of follicular dynamics and reproductive hormone profiles during oestrous cycles of jennies over an entire year. Reproduction in Domestic Animals, 56(3), 448-458.
4. Miró J, Vilés K, Anglada O, Marín H, Jordana J, Crisci A. Color Doppler provides a reliable and rapid means of monitoring luteolysis in female donkeys. Theriogenology,2015; 83(4): 485–490.
5. Vilés K., Rabanal R., Rodriguez-Prado M., Miró J. (2013). Influence of seminal plasma on leucocyte migration and amount of COX-2 protein in the Jenny endometrium after insemination with frozen-thawed semen. Animal Reproduction Science; 143: 57-63

.

SINCRONIZACIÓN DE VACAS CRIOLLO RARÁMURI CON EL USO DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA.

Elizabeth Pérez-Ruiz [1*], Denisse Adriana Flores-García[2], Bernardino Espinoza-Velasco[1], Edgar Valencia-Franco[2], Silvia Fraire-Cordero[3].

[1]C.E. La Campana, INIFAP, [2]Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, BUAP, [3]SECIHTI- Campus Campeche, COLPOS

*Autor para correspondencia: perez.elizabeth@inifap.gob.mx

Palabras clave: eCG, ganado Criollo, inseminación artificial a tiempo fijo.

Introducción

El ganado Criollo desciende de vacunos traídos al continente americano por los colonizadores y se han adaptado a diferentes regiones geográficas. Estos animales han desarrollado resiliencia a condiciones ambientales adversas, como las condiciones áridas y semiáridas, temperaturas extremas y baja disponibilidad de recursos forrajeros e hídricos (Márquez-Godoy *et al*., 2024). En el contexto actual, con el incremento de la temperatura global, el ganado Criollo y sus cruzas, pueden ser una alternativa para afrontar los desafíos en la producción de carne. Sin embargo, en el último siglo el inventario de ganado Criollo ha disminuido, por lo que es necesario buscar alternativas para su conservación y aprovechamiento. Al respecto, las biotecnologías reproductivas son de gran utilidad para este propósito (Quezada-Casasola *et al*., 2016). Es por ello por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar la inclusión de gonadotropina coriónica equina en un protocolo de sincronización de estros e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), 40 h después del retiro del CIDR, en vacas Criollo Rarámuri.

Materiales y métodos

El experimentó se realizó en el Rancho Experimental “La Campana”, ubicado en el km 80 de la carretera Chihuahua-Ciudad Juárez, a 29º 26' latitud Norte y 106 º 39' longitud Oeste. Se seleccionaron 20 vacas Criollo Rarámuri, con edad promedio de 6 años, 241 ± 55 kg de peso vivo y con condición corporal (CC) promedio de 5 (escala de 1 - 9). Pertenecientes al hato de ganado Criollo del Campo Experimental La Campana-INIFAP. Previo al inicio de la sincronización, se realizó palpación rectal y ecografía con un equipo portátil (con transductor lineal de 7.1 MHz; SIUI SCANNER CT-800) para descartar patologías del tracto reproductivo y verificar que las vacas se encontraban ciclando.

En octubre de 2024, las vacas fueron asignadas al azar a uno de dos tratamientos hormonales para la sincronización del estro e IATF. En el tratamiento 1 (T1; n=9) se utilizó el protocolo CO-Synch + CIDR 7 días. En el día 0, se aplicó una dosis de 10 µg de un análogo de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH; acetato de buserelina Liberactive ®, Virbac), por vía intramuscular (IM); y se colocó un dispositivo intravaginal con progesterona (CIDR® con P_4; Dibactive 1200, Virbac). Siete días después, se retiró el CIDR y se administró una dosis de 500 mg de un análogo de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (PGF2α; Inducelactive®, Virbac), vía IM. Para la detección de signos de estro se pintó la grupa de las vacas con crayón de cera. Se consideró que las vacas mostraron signos de estro cuando permitieron la monta de otras vacas por más de 3 s, la pintura de la grupa se encontraba dispersa, o se observó la vulva edematizada con moco hialino. Estas observaciones se registraron hasta el momento de la IATF. La IATF del T1 se realizó 48 h después del retiro del CIDR, junto con la administración de una segunda dosis de 10 µg de acetato de buserelina. En el tratamiento 2 (T2; n=10), el manejo fue similar al T1, excepto la IATF, que se realizó 40 h después del retiro del dispositivo, junto con la aplicación de una dosis de 500 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG; GonActive®, Virbac). Las vacas en ambos tratamientos fueron palpadas al momento de realizar la IATF, para corroborar la respuesta al tratamiento hormonal.

Las vacas permanecieron en un potrero con pastizal amacollado abierto de *Bouteloua-Aristida*; asociado con encinos e invadido por zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*); después del retiro del CIDR, fueron confinadas a un corral de manejo para la detección del estro. La alimentación durante este periodo de observación fue con avena henificada, bloque multinutricional (Mega Pellet 37 % PC, Eragol®) y agua a libre acceso. El diagnóstico de gestación se realizó por ecografía 60 días después de la IATF.

Las variables evaluadas fueron: respuesta de estro, tiempo de inicio al estro (intervalo de tiempo entre el retiro del CIDR y el inicio del estro), y porcentaje de vacas gestantes por tratamiento. Las variables de

respuesta al estro y gestación se analizaron mediante regresión logística, con la rutina PROC LOGISTIC en el paquete estadístico SAS/STAT (SAS, 2002). Para probar diferencias entre efecto de tratamiento se utilizó la prueba de razón de verosimilitudes generalizada. El análisis de tiempo de inicio del estro se realizó mediante el método de tiempos de vida usando el estimador de Kaplan-Meier y las diferencias entre tratamientos se evaluaron mediante la prueba Log-Rank. Todos los análisis se realizaron con un nivel de significancia de α=0.05.

Resultados y discusión

Todas de las vacas en el T2 signos de estro durante el periodo de observación (Cuadro 1). Para esta variable, no se encontraron diferencias entre los dos tratamientos (p > 0.05). Es probable que la falta de respuesta al tratamiento en dos vacas del T1 esté relacionada con factores como el manejo (encierro en el corral) y la jerarquía social de estos animales dentro del hato.

Cuadro 1. Variables reproductivas en vacas Criollo Rarámuri con dos protocolos de sincronización.

Tratamiento	n	Respuesta al estro (%)	Inicio del estro (h) Media ± EE	Gestación (%) / Total
T1: Co-synch + CIDR 7 d	09	(07/09) 77.7 [a]	40.88 ± 2.6 [a]	(06/09) 66.6 [a]
T2: Co-synch + CIDR 7 d + eCG	10	(10/10) 100.0 [a]	28.40 ± 2.2 [b]	(07/10) 70.0 [a]
Total	19	(17/19) 89.47	38.00 ± 3.95	(13/19) 68.42

[a, b]. Letra diferente dentro de cada columna indica diferencia ($p \leq 0.05$).

Respecto al tiempo de inicio al estro, se observó diferencias entre ambos tratamientos (p≤0.05). Es posible que esta diferencia se deba a la etapa del ciclo estral en la que se encontraban las vacas del T2, debido a que la eCG se aplicó hasta el momento de la IATF. En un estudio similar con ganado Criollo, reportaron que, al aplicar una dosis de 500 UI de eCG, 24 h posteriores al retiro del CIDR, el estro inició 31.5 ± 2.8 h después; mientras que, con la aplicación de 1 mg de cipionato de estradiol, se obtuvo un promedio de 24.9 ± 2.8 h (Quezada-Casasola *et al*., 2016).

En este estudio, la IATF del T2 se realizó 40 h después del retiro del CIDR. La reducción del tiempo entre el retiro del CIDR y la inseminación se hizo considerando que, en uno de los primeros estudios de sincronización del estro en ganado Criollo, se encontró que el inicio del estro se presenta entre las 36 a 43 h después del retiro del CIDR (Zárate-Martínez *et al*., 2010). Estos autores realizaron la IATF 56 h después, y obtuvieron un 9.09 % de gestación, Además, encontraron que las vacas que resultaron gestantes fueron aquellas que iniciaron el estro en las últimas 43 h de observación. Con este protocolo, el porcentaje de gestación fue de 66.6 % para el T1 y 70 % para el T2, sin diferencias entre ellos (p > 0.05); este resultado es similar al reportado por Quezada-Casasola *et al*. (2016) de 60 % y superior al 31.5 % mencionado por Sánchez-Arciniega *et al*. (2010), con un protocolo de CIDR por 8 d y 400 UI de eCG al retiro del dispositivo.

Conclusiones

El protocolo hormonal Co-synch + CIDR 7 d + eCG e IATF a las 40 h fue el que presento mayores respuestas en la inducción y sincronización del estro en vacas Criollo Rarámuri. Sin embargo, se recomienda realizar más estudios para confirmar el mejor momento para realizar la IATF e incrementar el porcentaje de vacas gestantes.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos al INIFAP-C.E. La Campana, por el financiamiento de este estudio a través del proyecto 3-0.8-134646454-M-E.1-2 - "Fortalecimiento del Rancho Experimental "La Campana" Etapa 1".

Referencias bibliográficas

1. Quezada-Casasola, A., Beltrán-Prieto, L., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., & Ramírez-Godínez, J. (2016). Comparison of equine chorionic gonadotropin (eCG) and oestradiol cypionate administered 24 h after CIDR removal during an oestrus synchronization protocol for artificial insemination in Mexican Criollo cattle. Vet arhiv. 86(3):437–51. doi.org/10.1071/AN12334
2. Márquez-Godoy, J.N., Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C.R., Corra-les-Lerma, R., García-Galicia, I.A., & Rodríguez-Almeida, F.A. (2024). Criollo Cattle Breeds as a Potential Alternative for Sustainable

.

and Healthy Beef Production in America, Rangeland Ecology & Management, 96:83-93, ISSN 1550-7424. doi.org/10.1016/j.rama.2024.05.008.

3. Sánchez-Arciniega, C., Ramírez-Godínez, J.A., Domínguez-Díaz, D., Corral-Flores, G., Grado-Ahuir, J.A., Flores-Mariñelarena, A., Sante-llano-estrada, E. (2013). Respuesta de vacas Criollas de Rodeo a la suplementación con selenio y propionato de calcio, y a la sincronización de la ovulación. Tecnociencia. 7(3):132–8.
4. SAS (2002) Statistical Analysis System: Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary.
5. Zárate-Martínez, J.P., Ramírez-Godínez, J.A., & Rodríguez-Almeida, F.A. (2010). Comportamiento reproductivo de vacas criollas con amamantamiento restringido y sincronización del estro. Agro Meso. 21(1):121–30.

EFECTO DEL USO DEL CIPIONATO DE ESTRADIOL SOBRE LA TASA DE GESTACIÓN DE VAQUILLAS SARDO NEGRO MANTENIDAS EN EL TRÓPICO.

Carlos Hernández-López[1]*, Yazmin Espinoza-Cervantes[2], Daniel Trujillo-Gutiérrez[1], René Calderón-Chagoya[1] René Carlos Calderón-Robles[3]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, Querétaro, México. [2]Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. [3]S.E. Las Margaritas, INIFAP, Puebla, México.

*Autor para correspondencia: hernandezl.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Bos indicus*, fertilidad, ganado de carne.

Introducción

El ganado *Bos indicus* en México es utilizado bajo condiciones adversas, debido a su alta rusticidad, tolerancia al estrés térmico y resistencia a los parásitos. Sin embargo, las hembras al estar expuestas a estas condiciones adversas, tanto nutricionales como ambientales, comúnmente presentan alta incidencia de anestro (Sa Filho *et al*., 2013), lo cual resulta en un pobre desempeño reproductivo en las unidades de producción vaca-cría, especialmente aquellas mantenidas en pastoreo y bajo condiciones tropicales. Por tal motivo, el uso de las biotecnologías reproductivas como los protocolos de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) facilitan el manejo de los animales, y mejoran la eficiencia reproductiva y genética del hato. Actualmente, existe una gran variedad de protocolos de IATF, de los cuales los protocolos a base de estradiol y progesterona son los más usados en los sistemas de producción del continente americano con excepción de Estados Unidos (EU) y Canadá. Además, se ha demostrado la eficacia del estradiol como inductor de la ovulación, cuando este es aplicado en el momento del retiro del dispositivo de progesterona (CIDR) (Ayres *et al.,* 2008). Además, se ha observado que el uso del cipionato de estradiol (ECP) induce artificialmente la conducta estral; al respecto, vacas ovariectomizadas mostraron comportamientos sexuales típicos del estro después de la administración de estradiol bajo un protocolo de sincronización a base de estrógenos y progesterona (Pfeifer *et al.,* 2020). En la actualidad, el uso de fármacos a base de estradiol para el control ovárico del ganado muestra una creciente tendencia a ser restringidos a nivel mundial, mismos que ya están prohibidos en la Unión Europea y en países como Nueva Zelanda, EU y Uruguay. En respuesta a lo anterior, la mayoría de protocolos rediseñados y mejorados para aumentar su efectividad, incluyen hormonas como la gonadotropina coriónica équina (eCG) y la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). Por ejemplo, la administración de GnRH en protocolos de IATF en vacas Nelore mantenidas en condiciones tropicales incrementó la tasa de gestación en aquellas que no presentaron signos de estro (Rodrigues *et al*., 2019). Mientras que, en ganado de carne con baja condición corporal se ha observado que el uso de eCG en dichos protocolos, estimula el desarrollo folicular y por consiguiente mejora la ovulación y la tasa de gestación. A pesar de estos avances en el área de la reproducción bovina, aún hay interrogantes relacionadas con el uso de hormonas específicas y sus efectos sobre la fertilidad, especialmente en el ganado *Bos indicus* mantenido en pastoreo.

Objetivo

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso del ECP al momento del retiro del CIDR sobre la tasa de gestación en vaquillas Sardo Negro mantenidas en pastoreo, utilizando un protocolo de IATF a base de estradiol-progesterona que incluyó la administración de eCG y GnRH.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la unidad de producción comercial "Puente de Dios" localizado en el municipio de San José Acateno, Puebla, localizado a 20º 3’ 18" y 20° 12’ 18’’ LN y 97º 07’ 42" y 97° 17’ 24’’ LO, a 500 msnm y con un clima subtropical húmedo. De un grupo mayor, fueron seleccionadas 38 vaquillas de la raza Sardo Negro. Se evaluó la condición corporal (CC, 0 a 9 puntos; donde 0= emaciado y 9= gordo) y el estatus ovárico al inicio del experimento.

Todas las vaquillas fueron examinadas mediante palpación transrectal y con examen ultrasonográfico (ultrasonido Aloka 500 con transductor de 7,5 MHz) para evaluar las estructuras ováricas (presencia o ausencia de cuerpo lúteo, CL). El día 0 del protocolo de sincronización (Figura 1), a todos los animales se

les colocó un CIDR de segundo uso (1 mg de progesterona), seguido de benzoato de estradiol (BE, 2 mg), prostaglandina (PGF2α, 150 µg de D-cloprostenol) y 10 mL de un reconstituyente mineral (MIN, Fosfosan®). El día ocho se retiró el CIDR, enseguida se administró PGF2a (150 µg de D-cloprostenol), 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) y 10 mL de MIN. Así mismo, en el día ocho de forma aleatoria se formaron dos grupos; grupo ECP (vaquillas que recibieron una dosis de 1mg de ECP); y grupo control (vaquillas que no recibieron ECP al retiro del CIDR). El día diez todos los animales recibieron una dosis de GnRH, las vaquillas sin CL recibieron 4 mL (432 µg de acetato de gonadorelina) y las vaquillas con CL recibieron 2.5 mL (270 µg de acetato de gonadorelina).

La inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) se realizó con semen de toros probados. El diagnóstico de gestación por ultrasonografía (US) se realizó 32 días después de la primera IATF (día 42 del protocolo) y se evaluó la CC de todas las vaquillas. El modelo estadístico inicial, incluyó los efectos de CC, estatus ovárico (con o sin CL), tratamiento (grupo ECP o control), inseminador y semental. Las asociaciones de variables categóricas principales se analizaron con PROC FREQ, y se realizó una regresión logística (PROC LOGISTIC) tomando en cuenta la tasa de gestación como variable de respuesta con el software Statistical Analysis System 9.4 (SAS).

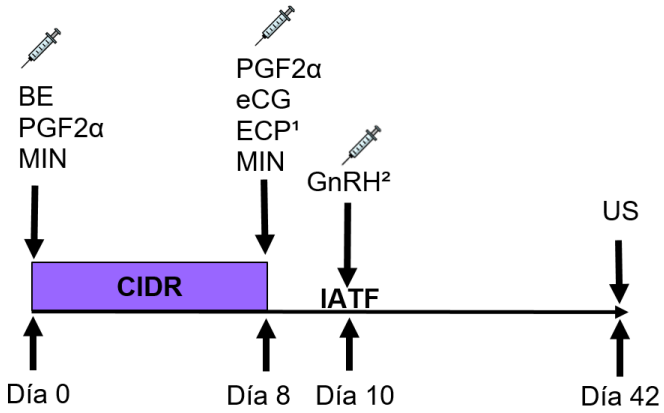


Figura 1. Protocolo general de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). [1] Tratamiento (grupo ECP y grupo control), [2] inyección de acetato de gonadorelina (270 µg para vaquillas con CL y 432 µg para vaquillas sin CL).

Resultados y discusión

En el presente estudio se obtuvo una tasa de gestación promedio de 50% (19/38), de la cual se observó que el 79% (15/19) de las vaquillas que no tuvieron CL quedaron gestantes, mientras que solo el 21% (4/19) de las vaquillas que tenían CL quedaron gestantes. Por otro lado, el estatus ovárico no tuvo efecto sobre la tasa de gestación ($P > 0.05$). Esto se pudo deber a la administración de eCG y GnRH en el protocolo de IATF; ya que tiene efectos favorables sobre el desarrollo folicular, la ovulación y el aumento de la tasa de gestación en hembras *Bos indicus* (Rodrigues *et al*., 2019). Por tal motivo, estos protocolos de sincronización son utilizados en hembras en anestro, aun cuando estas tienen baja CC.

Antes de iniciar el protocolo de sincronización e IATF se obtuvo una CC promedio de 6.5 puntos (CC inicial), mientras que, al momento del diagnóstico de gestación las hembras tuvieron una CC promedio de 5.5 puntos (CC final). Al incluir estos efectos al modelo estadístico general, se observó que la CC inicial no tuvo efecto sobre la tasa de gestación, ya que las vaquillas que fueron seleccionadas debían tener una buena CC antes de iniciar el estudio. Sin embargo, la CC final si afectó a la tasa de gestación ($P = 0.02$). Lo cual podría estar relacionado con el efecto de la época del año, la escasez de lluvias y la disminución en la cantidad de forraje disponible para el pastoreo, ya que las vaquillas del presente estudio no recibieron ninguna suplementación de alimento concentrado. Esto pudo haber influido sobre los resultados obtenidos en la tasa de gestación, dado que la CC es un estimador de las reservas energéticas del animal y está altamente correlacionado con tasa de gestación. La mayoría de los autores coinciden en que los problemas reproductivos de las vacas es resultado de las variaciones en el puntaje de la CC, ya sea por debajo o por encima de su valor promedio.

Se registró una tendencia ($P = 0.09$) del efecto del tratamiento (vaquillas que recibieron ECP o grupo control) sobre la tasa de gestación, se observó que las vaquillas que recibieron una dosis de ECP al retiro del CIDR más la administración de eCG y GnRH, tuvieron 1.7 veces más probabilidades de quedar gestante

en comparación con el grupo control. Al respecto, la administración de ECP + GnRH en vacas Angus en pastoreo tiende a mejorar (*P* = 0.06) la manera en la que se distribuyen las ovulaciones después del retiro del CIDR, pero sin incremento en la tasa de gestación con IATF (Uslenghi *et al.*, 2016). Por otro lado, la inyección de benzoato de estradiol al día del retiro del CIDR (día 8 del protocolo), redujo el intervalo a la ovulación y los diámetros de los folículos dominantes y ovulatorios disminuyeron, lo cual afectó la tasa de gestación de las vacas inseminadas 54 horas después del retiro del CIDR (Ayres *et al.*, 2008). Recientemente, en vacas cruzadas de *Bos indicus x Bos taurus* se observó una tasa de gestación similar entre usar o no ECP + GnRH y se sugirió eliminar el uso del ECP cuando el protocolo incluye la observación visual del inicio de la expresión estral (Pfeifer *et al.,* 2020). Lo anterior, debido a que el ECP puede inducir la conducta estral pero no necesariamente estar acompañada de una ovulación. Por último, debido a la incertidumbre de una prohibición a nivel mundial del uso del estradiol, cada vez más programas reproductivos actuales se diseñan para limitar la inclusión del ECP en los diferentes protocolos de sincronización e IATF en bovinos de carne.

Conclusiones

Solo se registró una tendencia del efecto del uso del ECP sobre la tasa de gestación de vaquillas Sardo Negro bajo un protocolo de sincronización e IATF que incluía eCG y GnRH. Por lo cual no podemos afirmar que existe una influencia directa de la administración de ECP sobre el porcentaje de gestación. Sin embargo, es recomendable realizar más estudios con un número mayor de animales para comprender mejor los factores que influyen sobre la expresión estral, la ovulación y la gestación; y valorar la opción de prescindir del uso del ECP en protocolos que incluyan el uso de eCG y GnRH con ganado *Bos indicus* en condiciones tropicales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al rancho “Puente de Dios” por colaborar en la realización del experimento y las facilidades en la utilización de los animales.

Referencias bibliográficas

1. Ayres, H., Martins, C.M., Ferreira, R.M., Mello, J.E., Dominguez, J.H., Souza, A.H., Valentin, R., Santos, I.C., Baruselli, P.S. 2008. Effect of timing of estradiol benzoate administration upon synchronization of ovulation in suckling Nelore cows (*Bos indicus*) treated with a progesterone-releasing intravaginal device. Anim. Reprod. Sci. 109: 77-87.
2. Pfeifer, L.F.M., Moreira, E.M., da Silva, G.M, de Souza, V.L., Nunes, V.R.R., Andrade, J de S, Ferreira, R. 2020. Effect of estradiol cypionate on estrus expression and pregnancy in timed artificially inseminated beef cows. Livestock Science, 103886. doi:10.1016/j.livsci.2019.103886
3. Rodrigues, W.B., Silva, A.S., Silva, J.C.B., Anache, N.A., Silva, K.C., Cardoso, C.J.T., Garcia, W.R., Sutovsky, P., Nogueira, E. 2019. Timed artificial insemination plus heat II: gonadorelin injection in cows with low estrus expression scores increased pregnancy in progesterone/estradiol-based protocol. Animal 1-6.
4. Sa Filho, M.F., Penteado, L., Reis, E.L., Reis, T.A., Galvao, K.N., Baruselli, P.S., 2013. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. Theriogenology 79, 625–632.
5. Uslenghi, G., Cabodevila, J., Callejas, S.S. 2016. Efecto del cipionato de estradiol y la GnRH sobre la sincronización de ovulaciones y la tasa de preñez a la IATF en vacas de cría sin ternero al pie. InVet, 18(2): 301-306.

EFECTO DEL GRUPO RACIAL SOBRE LA FERTILIDAD DE HEMBRAS BEEFMASTER Y BRAFORD BAJO UN PROTOCOLO DE SINCRONIZACIÓN E IATF.

Carlos Hernández-López[1]*, René Carlos Calderón-Robles[2], Daniel Trujillo-Gutiérrez[1], René Calderón-Chagoya[1], Adrián Guzmán Sanchez[3]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP, Querétaro, México. [2]S.E. Las Margaritas, INIFAP, Puebla, México. [3]Universidad Autónoma Metropolitana Campus Xochimilco, Ciudad de México.

Autor para correspondencia: hernandezl.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: GnRH, tasa de gestación, IATF.

Introducción

Las regiones tropicales y subtropicales de México albergan la mayor parte de la población de bovinos del país. Estas regiones agroecológicas gran parte del año presentan temperaturas elevadas, alta radiación solar y humedad, lo que provoca estrés térmico crónico al ganado mantenido en esas condiciones. Este conjunto de características ambientales se asocia con baja calidad del forraje y alta carga de parásitos externos e internos. Este entorno adverso repercute sobre los indicadores reproductivos, que a su vez impactan sobre la economía de los productores de ganado bovino de carne finalizado en pastoreo. Incluso bajo estas condiciones, es importante que los productores del sistema vaca-cría optimicen la fertilidad de sus animales para aumentar los índices de rentabilidad. Desde hace algunos años, la introducción de ganado *Bos indicus*, entre ellos el Brahman y diversas razas derivadas de su cruza, han logrado adaptarse a las condiciones ambientales desfavorables presentes en las zonas tropicales (Mellado *et al.,* 2010). Mantener un sistema de producción eficiente garantizará la rentabilidad de los hatos, uno de los instrumentos más importantes es el protocolo de sincronización a base de estradiol-progesterona e IATF, el cual integra el uso de hormonas exógenas (gonadotropina coriónica equina y GnRH), que son aplicadas de forma sistemática en puntos clave del protocolo, logrando así incrementar la tasa de gestación. Sin embargo, aunque este tipo de biotecnologías de la reproducción ya tienen varios años desde que fueron desarrolladas, en el país solo un pequeño porcentaje de los productores las utilizan. Por último, cabe destacar que se desconoce el comportamiento reproductivo de las razas sintéticas de ganado bovino productor de carne en el trópico mexicano y se carece de información disponible sobre estudios que comparen los efectos de las razas sobre la fertilidad utilizando protocolos de IATF en el sistema vaca-cría.

Objetivo

Evaluar el efecto del grupo racial sobre la tasa de gestación, utilizando un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) a base de estradiol y progesterona en hembras Braford y Beefmaster mantenidas en clima subtropical húmedo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la finca comercial "San Rafael" en Hueytamalco, Puebla, localizada a 19º 51’ 03" LN y 97º 12’ 48" LO, a 500 msnm y caracterizada por un clima subtropical húmedo. De un grupo mayor de animales, se seleccionaron 24 hembras Braford y 17 hembras Beefmaster. Se evaluó la condición corporal (CC, 0 a 9 puntos; 0= emaciado y 9= obeso) y el estatus ovárico de los animales en cuatro ocasiones, la primera al inicio del experimento, la segunda 30 días después, la tercera al retiro del CIDR y la cuarta al momento del diagnóstico de gestación. Durante la evaluación del estatus ovárico, tanto vacas como vaquillas fueron examinadas mediante palpación transrectal y examen ultrasonográfico (ultrasonido Aloka 500 con transductor de 7,5 MHz) para la evaluación de estructuras ováricas y e identificación de la presencia o ausencia de un cuerpo lúteo (CL). De acuerdo al protocolo de sincronización estral e IATF diseñado (Figura 1), en el día 0, a todos los animales recibieron un CIDR con 1 mg de progesterona, seguido de benzoato de estradiol (2 mg). El día 8, se retiró el CIDR, seguido de una dosis de PGF2α que contenía 150 mcg de D-cloprostenol y una dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG; 300 UI para vaquillas y 400 UI para vacas). El día 10, todos los animales recibieron análogo sintético de GnRH, las hembras sin CL recibieron 4 mL (432 µg de acetato de gonadorelina) y las hembras con CL recibieron 2.5 ml (270 µg de acetato de gonadorelina).

La técnica de IATF se realizó con semen de toros probados y el diagnóstico de gestación se realizó 32 días después de la primera inseminación, mediante palpación transrectal y examen ecográfico (día 42 del protocolo). Toda la información fue analizada con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS). El modelo estadístico inicial, incluyó los efectos de Raza (Beefmaster o Braford), estatus fisiológico (nulípara o multípara) y CC. Las asociaciones de las variables categóricas principales se analizaron con el procedimiento PROC FREQ. Además, se realizó un análisis de regresión logística (PROC LOGISTIC) tomando en cuenta la tasa de gestación como variable de respuesta y se hizo la estimación de contraste y resultados.

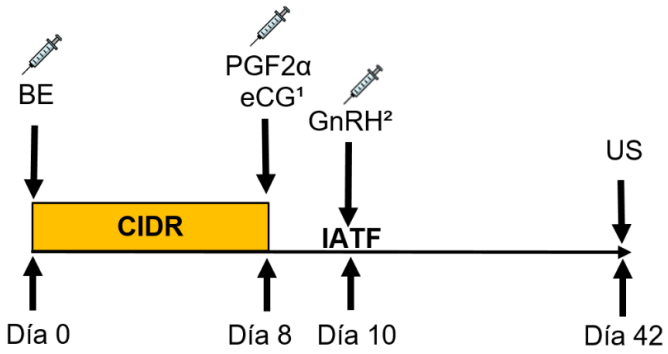


Figura 1. Protocolo general de sincronización e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). [1] Administración de eCG (300 UI para vaquillas y 400 UI para vacas), [2] inyección de acetato de gonadorelina (270 µg para vaquillas con CL y 432 µg para vaquillas sin CL).

Resultados y discusión

En el presente estudio se registró una tendencia (*P*=0.06) del efecto del grupo racial sobre la tasa de gestación. De acuerdo con los datos de frecuencias, se obtuvo una tasa de gestación general del 49% (20/41), del cual el 59% (10/17) fueron hembras Beefmaster y el 41% (10/24) fueron Braford (Figura 2). De igual manera, en un trabajo realizado con vacas Braford en clima tropical en pastoreo se observó una tasa de gestación del 40% (60/150) al utilizar un protocolo de IATF (Radigonda *et al*., 2017), lo anterior fue similar al utilizado en el presente trabajo, pero sin la aplicación de GnRH al momento de la inseminación. Mientras que, en vacas y vaquillas Beefmaster en clima subtropical húmedo, se observó una tasa de gestación general del 54% (297/550) usando IA a celo detectado (Mellado *et al*., 2010). De acuerdo con la prueba de estimación de contraste de nuestro estudio, las hembras Beefmaster tienen 2.4 más probabilidades de tener mejor tasa de gestación que las hembras Braford. Esto podría significar que, sí existen diferencias entre estos grupos genéticos relacionadas con los aspectos reproductivos. Sin embargo, se tendrían que hacer estudios con un número mayor de animales para obtener resultados contundentes.

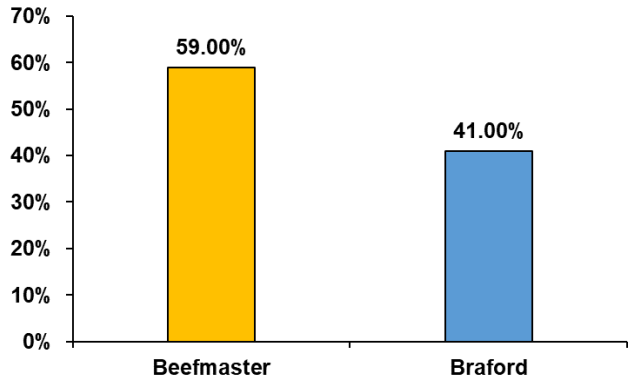


Figura 2. Comparación de las tasas de gestación entre grupos raciales.

De acuerdo con el estatus fisiológico, 46% (11/24) de las hembras que quedaron gestantes fueron vaquillas (nulíparas) y 53% (9/17) fueron vacas (multíparas). Sin embargo, no se observó efecto (*P*>0.05) del estatus fisiológico sobre la tasa de gestación. La falta de significancia puede ser atribuida al limitado número de

animales utilizados en el presente estudio, ya que, de acuerdo con la literatura disponible se ha reportado que las tasas de concepción y gestación son menores en vacas, cuando estas son comparadas con los valores reportados en vaquillas. Otros estudios con vaquillas productoras de carne, han demostrado que la tasa de gestación durante su primera temporada reproductiva se encuentra en el rango de 64 a 95 % en empadre con monta natural (Moorey *et al.,* 2020). Por otro lado, la tasa de gestación por IATF utilizando protocolos de sincronización en vaquillas oscila entre 36 al 69 %, con un promedio de 43 % (Dickinson *et al.,* 2019). Finalmente, la CC no tuvo efecto (P>0.05) sobre la tasa de gestación. Sin embargo, se registró que la mayor proporción de hembras que quedaron gestantes después del protocolo de sincronización e IATF tenían una CC de 7.0 a 7.5 puntos. Estudios previos sobre la CC y la reproducción han reportado una influencia positiva de una CC adecuada sobre la tasa de gestación después de la IATF en vacas de carne (Pfeifer *et al.,* 2021). Además, los mismos autores postularon que la evaluación de la CC puede ser un método importante al momento de seleccionar a las hembras aptas para iniciar su manejo reproductivo, incluyendo los protocolos de IATF.

Conclusiones

Se concluye que existe una tendencia del efecto de grupo racial sobre la tasa de gestación, del cual se observó que las hembras Beefmaster tienen más del doble de probabilidades de tener una mejor tasa de gestación que las hembras Braford. Sin embargo, se sugiere hacer estudios con un mayor número de animales con protocolos de sincronización e IATF en condiciones del trópico mexicano.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al rancho “San Rafael” por colaborar en la realización del experimento y dar las facilidades en el manejo de los animales.

Referencias bibliográficas

1. Mellado, M., Romero, P., García, J.E., Véliz, F.G., Arévalo, J.R. 2010. The effects of ambient temperature and humidity on pregnancy rate in Beefmaster cows in a subtropical environment of Mexico. Livestock Science, 131(2-3):149-154. doi:10.1016/j.livsci.2010.03.009
2. Radigonda, V.L., Pereira, G.R., da Cruz Favaro, P., Barca Júnior, F.A., Borges, M.H.F., Galdioli, V.H.G., Júnior, C.K. 2017. Infrared thermography relationship between the temperature of the vulvar skin, ovarian activity, and pregnancy rates in Braford cows. Tropical Animal Health and Production, 49(8):1787-1791. doi:10.1007/s11250-017-1378-5
3. Moorey, S.E., Biase, F.H. 2020. Beef heifer fertility: importance of management practices and technological advancements. Journal of Animal Science and Biotechnology, 11(1):1-12. doi:10.1186/s40104-020-00503-9.
4. Dickinson, S.E, Elmore, M.F., Kriese-Anderson, L., Elmore, J.B., Walker, B.N., Dyce, P.W. 2019. Evaluation of age, weaning weight, body condition score, and reproductive tract score in pre-selected beef heifers relative to reproductive potential. Journal of Animal Science Biotechnology, 10(1):1-7.
5. Pfeifer, L.F.M., Rodrigues, W.B., Nogueira, E. 2021. Relationship between body condition score index and fertility in beef cows subjected to timed artificial insemination. Livestock Science, 248:104482. doi:10.1016/j.livsci.2021.104482

RELACIÓN DE LA MICROBIOTA VAGINAL Y LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS.

Erika J. Félix-Santiago[1], César A. Rosales-Nieto[2], Milagros González-Hernández[3], Jorge Flores-Sánchez[4], Carlos A. Eslava-Campos[5], Ulises Hernández-Chiñas[5], Delia X. Vega-Manríquez[1*]

[1]Laboratorio de Microbiología Veterinaria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, [2]Department of Agricultural Sciences. Texas State University; [3]Laboratorio de Parasitología Veterinaria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí; [4]Laboratorio de Especialidades Médicas, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78210, México; [5]Laboratorio de Patogenicidad Bacteriana: Unidad de Hemato-Oncología e Investigación, Hospital Infantil de México Federico Gómez.

*Autor paa correspondencia: xochitl.vega@uaslp.mx

Palabras clave: fertilidad, microbiota, bovinos.

Introducción

La producción en un establo lechero está en función de la genética y la población de hembras productoras, ambos factores son afectados por la eficiencia reproductiva del rebaño, la cual se encuentra sujeta a variaciones por causas infecciosas, nutricionales y de manejo, atribuibles al hombre o al ambiente. Dentro de las causas infecciosas, las vacas son propensas a enfermedades clínicas en las dos primeras semanas después del parto. Debido a que en el comienzo del parto se encuentran comprometidas las barreras físicas del cérvix, vagina y vulva, permitiendo que las bacterias ambientales asciendan dentro del lumen uterino, presentando alteraciones en el microbioma vaginal, que puede ocasionar una infección. Durante esta etapa las vacas también suelen presentar bajas concentraciones séricas de glucosa, debido a un balance negativo de nutrientes, ocasionado por un bajo consumo de energía y alta producción lechera, provocando disfunción reproductiva, y aumentando la incidencia del síndrome de la vaca repetidora (SVR). El SVR es cuando las vacas muestran signos de estro en intervalos aparentemente normales, pero repetidamente no quedan gestantes, al menos, en tres inseminaciones. Dicho síndrome puede ser causado por múltiples factores, entre ellos desbalances hormonales, que ocasiona elevación en niveles de progesterona, y conlleva a alteraciones en folículo y ovocitos. Las concentraciones de hormonas sexuales como la progesterona son un factor importante y pueden ser responsables de la dinámica del microbiota vaginal a través del ciclo estral. El objetivo fue relacionar los microorganismos que conforman el microbiota vaginal con la concentración de progesterona circulante, glucosa y el índice de fertilidad en vacas SVR y no repetidoras.

Materiales y métodos

El muestreo se realizó dividiendo a las vacas en aquellas con SVR, siendo las vacas que tuvieron 5 o más inseminaciones post parto (n=14) y vacas sin síndrome o control (CTL) con 4 inseminaciones o menos post parto (n=16). Se obtuvo la muestra de la mucosa vaginal de cada vaca con un hisopo vaginal desechable y estéril. Las muestras se introdujeron en un medio de transporte y fueron sembradas posteriormente en agar sangre y Mc Conkey, incubándose durante 24 y 48 horas a 37°C en condiciones de aerobiosis y microaerobiosis. Las colonias aisladas fueron identificadas mediante tinción de Gram y pruebas bioquímicas específicas para determinar el género y la especie de las bacterias. Las muestras de sangre fueron obtenidas el día de la inseminación, al día 5 y posteriormente cada dos días durante 14 días. Posteriormente se obtuvo los sueros y se almacenaron a -80 °C para luego medir las concentraciones de glucosa mediante el método turbidimétrico y progesterona por quimioluminiscencia. Se utilizó estadística descriptiva para analizar los resultados de las cepas bacterianas encontradas. Se realizaron análisis de medidas repetidas Proc Mixed (SAS, 2010) para medir las concentraciones de P4 y Glucosa. La fertilidad (gestantes *vs* no gestantes) se analizó mediante Proc GLIMMIX con una distribución binomial (SAS, 2010). Las bacterias encontradas se agregaron en el análisis como co-variables. En ambos análisis, el efecto fijo fue tratamiento.

Resultados

La tasa de fertilidad fue estadísticamente diferente entre tratamientos (P < 0.05), quedando gestantes 14 de las 16 vacas del tratamiento CTL comparadas con 8 gestantes de 14 para el tratamiento SVR. El número de intentos para quedar gestantes también fue diferente entre los tratamientos siendo un promedio de 6.7 para las vacas SVR vs 2.5 para las vacas CTL (P < 0.01). Se obtuvieron diferencias entre microbiota presente en vacas SVR y vacas CTL, mostrando una mayor prevalencia de *Staphylococcus hyicus* en el grupo SVR, por el contrario, se obtuvo mayor prevalencia de *Escherichia coli* en el grupo CTL (ambas con diferencia significativa P < 0.05). Los géneros bacterianos más aislados fueron *E. coli* (56.7% SVR, 42.8% CTL) *Bacillus* (28.5% SVR, 37.8% CTL) y *Staphylococcus* coagulasa positiva (28.5% SVR, 31.5% CTL). Los géneros *Klebsiella* y *Shigella* estuvieron presentes solamente en las vacas SVR, sin embargo, la diferencia no fue estadísticamente significativa. La progesterona circulante no difirió entre tratamientos SVR Y CTL (P > 0.05). Los resultados fueron muy similares, con un promedio mínimo al día de la inseminación de 0.35 ng/mL para el tratamiento SVR y 0.25 ng/mL para el tratamiento CTL y mantuvieron un ascenso constante conforme pasaron los días post inseminación, alcanzando un promedio máximo de 5.25 y 4.98 ng/mL al día 14 para el tratamiento SVR y CTL respectivamente. La glucosa circulante promedio fue de 66.11 y 66.91 mg/dL para los tratamientos SVR y CTL respectivamente, con un valor promedio mínimo de 60.71 y máximo de 69.35 mg/dL para el tratamiento SVR y un valor mínimo de 64.29 y máximo de 70.29 mg/dL para el tratamiento CTL. Se observó una ligera disminución para el tratamiento SVR al día 9 post inseminación, sin embargo, las concentraciones no difirieron estadísticamente entre tratamientos SVR y CTL (P > 0.05)

Discusión

Los géneros bacterianos encontrados coinciden con lo ya reportado[2] donde encontrán mayor abundancia de *Escherichia coli* en vacas sanas, comparadas con vacas multíparas que presentaban descarga vaginal purulenta asociada a enfermedades inflamatorias post parto. *E. coli* es considerada comensal de la microbiota intestinal, sin embargo, es una bacteria muy versátil, lo que permite que existan cepas que debido a mecanismos de intercambio de material genético han adquirido la capacidad de ocasionar infecciones. En el caso de *Staphylococcus hyicus* se ha aislado en vacas criollo limonero sanas en alta prevalencia difiriendo con los resultados del presente trabajo. Se puede proponer que este género bacteriano se encuentra en vagina de vacas con patología y sanas, aunque no es todavía muy claro su papel. Los géneros encontrados con mayor frecuencia en esta investigación fueron *Bacillus y Staphylococcus* quienes se han asociado en vacas Holstein con descarga vaginal purulenta[1].

La ligera disminución de la glucosa al día 9 post inseminación puede deberse a que el equilibrio negativo de nutrientes reduce la función de los folículos preovulatorios en la producción de estradiol, lo que a su vez suprime la secreción pulsátil de LH y reduce la respuesta ovárica a la estimulación de LH, lo que resulta en una interferencia de la ovulación, una consecuente repetición de celo[5]. En cuanto a la similitud en las concentraciones de P4 en ambos tratamientos coincide con los resultados de otras investigaciones. Lo que indica que en esta investigación la diversidad bacteriana, así como, la presencia del SVR o no puede estar mediado por otros factores como el manejo o la alimentación[3]. Sin embargo, no se puede afirmar que la P4 no tenga ninguna relación con la dinámica de la microbiota vaginal, ya que hay estudios que confirman el cambio a través del ciclo estral, probablemente debido a la influencia de hormonas sexuales[4].

Conclusiones

Este estudio sugiere que la microbiota vaginal en vacas lecheras puede cambiar de acuerdo a su condición reproductiva (SVR o CTL), sin embargo, el papel de la P4 y la glucoas en el evento no es claro por lo que se necesitan más investigaciones para confirmar si la misma variación se encuentra presente en vacas con diferente paridad y estados reproductivos, además de abrir la puerta a investigaciones sobre el papel de comensalismo o patogenicidad de especies como *Escherichia coli.*

Agradecimientos

Al establo “Rincón del Paraíso” por permitir llevar a cabo el muestreo para esta investigación.

Fuente financiadora

La investigación se llevó a cabo con recursos propios de los laboratorios e investigadores participantes.

.

Referencias bibliográficas

1. Ballas P, Reinländer, U, Schlegl R, Ehling-Schulz M, Drillich M, Wagener, K. (2021). Theriogenology, 159, 28-34.
2. Moore SG, Feehily C, Doyle RC, Buckley F, Lonergan P, et al., (2023). J Dairy Scie 106(11), 8133.
3. Pérez-Marín CC, Quintela L A. (2023). Animals, 13(13), 2187.
4. Quereda JJ, Barba M, Mocé ML, Gomis J, Jiménez-Trigos E, et al, (2020). *Science 7:*371.
5. Widayati DT, Bintara S, Natawihardja I, Maharani D. (2018). Pakis J Biol Scien: PJBS, 21(4), 166-170.

LA ADMINISTRACIÓN DE GONADOTROPINA CORIÓNICA EQUINA (eCG) AUMENTA LA PRODUCCIÓN ESPERMÁTICA EN OVINOS DURANTE LA ÉPOCA DE REPOSO SEXUAL.

Virginio Aguirre-Flores[1], José Agustín Orihuela-Trujillo[1], Fernando Iván Flores-Pérez[1], Reyes Vázquez-Rosales[1], Neftali Clemente-Ovando[1]*

[1]Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Universidad 1001 Col. Chamilpa C.P. 62209, Cuernavaca, Morelos

*Autor para correspondencia: nefta850@hotmail.com

Palabras clave: Testosterona, capacidad de servicio y ovinos de pelo.

Introducción

Los carneros de razas originarias de latitudes altas y climas templados presentan una estacionalidad reproductiva marcada y se acepta que las variaciones diarias del fotoperiodo controlan su reproducción. De igual forma, carneros de razas originarias de regiones tropicales son afectados por las variaciones diarias del fotoperiodo existentes en estas regiones, sin embargo, es menos evidente su disminución de su comportamiento sexual y características testiculares (Aguirre et al., 2007).

También tratamientos hormonales como el implante de melatonina solo o combinado con tratamiento fotoperiódico se utilizan en ovinos y caprinos para contrarrestar el efecto del fotoperiodo sobre el comportamiento sexual y algunas características reproductivas.

La aplicación de eCG en carneros tiene efectos sobre el aumento de la testosterona, actividad espermática y actividad sexual relacionados con los niveles de testosterona.

Sin embargo sus efectos en la producción de testosterona se han estudiado en periodos cortos no más de 21 días y se sabe de la relación de testosterona con el comportamiento sexual no es inmediato, se relaciona de 4 a 8 semanas para tener efectos en el comportamiento sexual (D'Occhio y Brooks, 1982) y en venados se han observado el reinicio de la actividad espermática después de 2 meses de su aplicación (Ungerfeld, 2013) y en machos cabríos incrementa la concentración espermática después de 54 días (Beracochea et al., 2018)

Por lo anterior se propuso la hipótesis que la administración de dos dosis de 1000 U.I de eCG en carneros de pelo durante la estación de reposo sexual incrementa los niveles de testosterona, comportamiento sexual y la concentración espermática 63 días después de su aplicación.

Objetivo

Evaluar el efecto que tiene la administración gonadotropina coriónica equina (eCG) 63 días posteriores a su aplicación sobre los niveles de testosterona, comportamiento sexual y actividad espermática de los carneros en la estación de reposo sexual.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Estado de Morelos ubicada a una latitud de 18° 37’ Norte y longitud 99° 19’ Oeste, a 899 m sobre el nivel del mar, con un promedio de lluvias y temperatura anual de 800 mm y 23 °C, el trabajo se realizó durante los meses de abril a junio correspondientes a las estaciones de primavera-verano.

Se utilizaron 20 carneros en total, 13 de carneros F1 katahdin x santa cruz y 7 carneros katahdin sin experiencia sexual de 12.9 ± 1.2 meses de edad y de 75.8 ± 5.6 kg de peso (promedio ± desviación estándar). Los carneros se mantuvieron juntos en confinamiento total alejado de las hembras, se alimentaron diariamente con rastrojo de maíz molido a libre demanda y con 1 kg/carnero/día de concentrado comercial con 16% de proteína cruda (Nu3 ®), el agua se suministró *ad libitum*.

Los carneros se asignaron aleatoriamente por raza a uno de dos grupos, el grupo tratado (GeCG): cuatro carneros de la raza katahdin y seis F1 katahdin x santa cruz se les administró intramuscularmente dos dosis de 1000 U.I de eCG (FOLLIGON® Intervet MSD Animal Health) cada una, los días 0 y 4 del experimento y se evaluó frente a ovejas su capacidad de servicio y evaluación espermática. El grupo control GCON: tres carneros katahdin y siete F1 katahdin x santa cruz no se les administro ninguna hormona y solo fueron evaluados de la misma manera ante ovejas que el GeCG.

Medición de variables.

Los carneros fueron sometidos a evaluaciones realizadas siempre iniciando a la misma hora 10:00 de la mañana y en este orden: muestras de sangre para determinar testosterona, medición de la evaluación de concentración espermática y pruebas de capacidad de servicio donde se midió eyaculaciones y tiempo de reacción los días -14, -7 y -1 para obtener pruebas basales antes de la primera aplicación de eCG (Día=0) y posteriormente se repitieron las pruebas los días 7, 14, 21, y 63.

La concentración sérica de testosterona se determinó mediante una muestra de sangre obtenida de 13 carneros, 7 machos del GeCG y 6 machos del GCON los días -7 y -1, mediante la punción de la vena yugular con una aguja vacutainer y colectada en un tubo vacutainer sin coagulante e inmediatamente centrifugada a 3000 rpm por 15 minutos para su la separación y almacenamiento del suero a -4ºC hasta su análisis por radioinmunoanálisis (RIA), en fase sólida con un kit comercial con un coeficiente de variación del 3.41% intra-ensayo.

Análisis de datos.

Las pruebas de cada variable obtenidas antes del día=0 se promediaron con la finalidad de obtener solo un valor basal previo a la aplicación de la primera dosis de la hormona eCG.

Los datos de niveles de testosterona, concentración espermática, número de eyaculaciones y tiempo de reacción se compararon entre grupos y tiempo mediante un análisis de varianza mixto en el programa Statistical Analysis System por sus siglas en ingles SAS y una $p<0.05$ se consideró como diferencia significativa.

Resultados y discusión

El número de espermatozoides por mL en el GeCG fue incrementando hasta final del estudio 63 días con una diferencia estadística significativa $p<0.01$, de iniciar con 310.5 ± 19.2 a finalizar con 419.4 ± 74.7 espermatozoides $x10^7$/mL y fue mayor al final que el GCON $p=0.0005$, ver cuadro 1. En el GCON disminuyó el número de espermatozoides obtenidos al inicio del estudio en comparación con 63 días después, de obtener 310.8 ± 26.1 bajó a 201.4 ± 33.4 espermatozoides $x10^7$/mL, $p=0.05$, respectivamente.

Los niveles de testosterona fueron mayores en el GeCG que el GCON, $p= 0.0006$ y subieron durante los primeros 7 días posterior a la aplicación de eCG ($p< 0.0001$), en el GCON no hubo cambios estadísticos se mantuvieron los niveles de testosterona, ver cuadro 1.

Cuadro 1. Niveles de testosterona, número de eyaculaciones, tiempo de reacción y concentración espermática de carneros tratados con 1000 U.I de gonadotropina coriónica equina los días 0 y 4 (GeCG= 10n) o que permanecieron como controles (GCON= 10n) durante la estación de reposo sexual.

	Variables							
Tiempo	Testosterona (ng/mL)		Número de eyaculaciones		Tiempo de reacción (seg)		Concentración espermatica 10^7/mL	
	GeCG	GCon	GeCG	GCon	GeCG	GCon	GeCG	GCon
Basal	19.0 ± 3.2^{A}	17.6 ± 2.6	1.1 ± 0.2^{A}	1.7 ± 0.2	526.6 ± 101.6^{A}	376.6 ± 106.4	310.5 ± 19.2^{B}	310.8 ± 26.1^{AD}
7	135.4 ± 18.9^{B1}	37.2 ± 6.2^{2}	2.4 ± 0.3^{B}	1.7 ± 0.4	185.8 ± 105.4^{B}	489.6 ± 170.0	361.9 ± 26.9^{BA}	283.4 ± 34.1^{BA}
14	39.5 ± 10.5^{A}	18.1 ± 8.2	2.3 ± 0.4^{B}	1.6 ± 0.3	335.7 ± 122.6^{B}	350.5 ± 134.8	377.5 ± 37.1^{BA1}	224.2 ± 38.0^{BA2}
21	28.1 ± 6.1^{A}	14.7 ± 6.0	2.0 ± 0.4^{AB}	2.2 ± 0.3	261.1 ± 113.8^{B}	374.5 ± 148.9	380.2 ± 29.7^{BA}	371.2 ± 33.0^{A}
63	28.6 ± 5.2^{A}	21.4 ± 4.9	2.4 ± 0.4^{B}	2.4 ± 0.4	199.8 ± 113.0^{B}	247.2 ± 119.5	419.4 ± 74.7^{A1}	201.4 ± 33.4^{BD2}

Diferente letra dentro de la columna significa diferencia significativa de $p<0.05$.
Diferente numero entre de las filas de la misma variable significa diferencia significativa de $p<0.05$.

El número de espermatozoides por mL se observó un incremento al final del estudio, probablemente relacionado a los niveles de testosterona (D'Occhio y Brooks, 1982) puesto que al aplicar exógenamente testosterona o incrementarla por medio de la aplicación de eCG en carneros se puede aumentar su comportamiento sexual y mejorar el número de celos inducidos y preñeces al exponerlos a ovejas, en trabajos anteriores al aplicar eCG a carneros durante la época de reposo sexual se ha observado un incremento del comportamiento durante los primeros 6 días (Ungerfeld et al., 2014), sin embargo, no se

había estudiado su efecto a largo tiempo sobre la conducta en carneros y más trabajos se requiere para modificar las dosis o conocer las diferencias que puedan existir entre razas.

Conclusión

La administración de dos dosis de 1000 U.I de eCG durante la estación de reposo sexual en carneros katahdin aumenta el número de espermatozoides por mL 63 días posteriores de la primera aplicación de eCG.

Referencias bibliográficas

1. Aguirre V., Orihuela A. y Vázquez R. 2007. Seasonal variations in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics, as affected by social dominance, of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Animal Science Journal* 78:417–423.
2. D'Occhio MJ, Brooks DE. 1982. Threshold of plasma testosterone required for normal mating activity in male sheep. Horm Behav. 1982 Dec;16(4):383-94.
3. Florencia Beracochea, María Noel Viera, Lucía Acevedo, Julián Santiago-Moreno y Rodolfo Ungerfeld, 2018. Equine Chorionic Gonadotropin (eCG) improves bucks' semen quality during the nonbreeding season. Reprod Dom Anim. 2018;53:1096–1102.
4. Rodolfo Ungerfeld. Reprod Med Biol (2013) 12:65–68 DOI 10.1007/s12522-012-0139-4. CASE REPORT. Treatment with an equine chorionic gonadotrophin single dose restored spermatozoa production in an azoospermic pampas deer (Ozotoceros bezoarticus) male: a case report
5. Ungerfeld, R., Clemente, N., Bonjour, L., & Orihuela, A. (2014). Equine chorionic gonadotrophin administration to rams improves their effectiveness to stimulate anoestrous ewes (the "ram effect"). Animal Reproduction Science, 149, 194–198.

.

SUPLEMENTACIÓN CON *ERYTHRINA AMERICANA* COMO ANTIOXIDANTE NATURAL EN LA EVALUACIÓN DE SEMEN FRESCO Y REFRIGERADO EN CARNEROS.

Rafael Nieto-Aquino*[1,2], Teódulo Salinas-Ríos[2], Jorge Hernández-Bautista[2], Eleazar Altamirano-Mijangos[2], Héctor M. Rodríguez-Magadán[2], C. Alejandra Herrera-Corredor[1], Jorge Vargas-Monter[3], [4] David Hernández Rodríguez.

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria – Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca - Oaxaca, México. [3] Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Francisco I Madero. Hidalgo. México. [4] Tecnológico Nacional de México. Huejutla de reyes. Hidalgo. México.

*Autor para correspondencia: rafael.nieto@uaslp.mx

Palabras clave: carneros, semen, espermatozoides.

Introducción

El semen refrigerado en ovinos presenta resultados aceptables en la inseminación artificial por laparoscopia. No obstante, para su preservación el uso de diluyentes debe proporcionar energía para el metabolismo del espermatozoide, además de mantener la presión osmótica y pH del medio; sin embargo, en el proceso del enfriamiento, el espermatozoide sufre cambios en la disminución de la motilidad y viabilidad espermática que alteran la integridad de su membrana parcialmente producidas por el incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) causando daños oxidativos en las biomoléculas que componen, como peroxidación lipídica, oxidación de las proteínas y daños en el ADN, comprometiendo la viabilidad espermática (Rehman *et al*, 2013).

Recientemente se están implementando antioxidantes naturales derivados de plantas como un efecto protector de las células espermáticas, principalmente por los polifenoles en su actividad eliminadora de radicales libres, los cuales coadyuvan con los diluyentes en la motilidad total y progresiva, además de la funcionalidad de membrana plasmática y mitocondrial del espermatozoide (Abdi-Benemar *et al.,* 2020; Abadjieva *et al.,* 2020).

Al respecto, del género *Erythrina* se han aislado un gran número de metabolitos secundarios, obtenidos principalmente de su corteza, semillas, raíces, hojas y flores, de los que destacan los alcaloides y los flavonoides (Pino *et al*. (2004) mencionan que losen hojas los metabolitos con mayor presencia son los alcaloides (64%), flavonoides (27%) y los triterpenoides (9%). Son pocas las investigaciones con *E. americana* como fuente de alimento en animales, la mayoría se desarrolla por sus propiedades farmacéuticas y sus beneficios en la industria. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la *E. americana* como antioxidante natural en la calidad espermática de semen fresco y refrigerado de carneros.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

Este estudio se realizó en el periodo de enero – junio del año 2022 en la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia que pertenece a la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, ubicada en los Valles centrales del estado de Oaxaca, localizada en las coordenadas 17°05’ 00’’ latitud norte y 96°45’ 00’’ longitud oeste a una altura de 1550 msnm.

Antioxidantes de *Erythrina americana*

Se utilizaron hojas con peciolos de *E. americana*, las cuales una vez que se cortaron se deshidrataron en la sombra, para ser molida y guardadas en ultracongelación a -80 ºC hasta su análisis. Posteriormente se pesó 0.150 g de cada muestra, se añadió 3 ml de etanol al 80%, se colocaron en baño maría con agitador con dos periodos de 5 minutos y un periodo de reposo; se centrifugó por 5 minutos a 2500 rpm. El análisis se realizó en un cromatógrafo de líquidos marca Agilent modelo 1100, equipado con un inyector automático modelo 1200 y un detector de arreglo de diodos. La columna fue una Zorbax SB-C8, 4.6 x 75 mm, la fase móvil fue: A: agua con 0.1% de ácido trifluoracético y B: acetonitrilo con 0.1% de ácido trifluoracético. El análisis fue por gradiente T (0.10 min) 85 A %, 15% B; T (20 min) 65% A, 35% B y T 25 min) 65% A, 35% B. La velocidad de flujo fue de 1.0 ml/min-1 a una temperatura de 30 ºC y el detector se ajustó a 254 nm.

Para ácidos fenólicos se utilizó una columna: Nucleosil 100 A 125x 4.0 mm marca Macherey-Nagel con un gradiente de H2O a pH 2.5 con TFA (ácido trifluoroacético) y (B) ACN (acetonitrilo); para ácidos fenólicos se incluyeron los siguientes: flujo, 1 ml/min; temperatura 30 °C; volumen de inyección variable; y tiempo de análisis 25 min. Los estándares utilizados fueron 10: ácido protocatecuico, hesperidina, ácido gálico, ácido clorogénico, ácido siringico, ácido vainillinico, ácido p-hidroxibenzoico, ácido cafeico, ácido ferúlico y ácido p-cumárico de la marca Sigma-Aldrich, USA.
Para obtener la curva de calibración de los flavonoides se utilizaron de referencia 8 estándares como rutina, florizina, mirecetina, quercetina, naringenina, floretina, apigenina y galangina; también se usó una columna Hypersil ODS 5 µm de diámetro de partícula, 125 x 4.0 mm marca Agilent Technologies.

Animales y tratamientos

El manejo de los animales se realizó de acuerdo a las normas de ética y bioseguridad del Consejo de Organizaciones Internacionales en Ciencias Médicas (CIOMS, 1986), en cumplimiento con la ley mexicana (NOM-062-ZOO-1999) para el uso de animales en experimentación (DOF, 2001).
Para el estudio se utilizaron 10 carneros cruzas de Dorper y Pelibuey de aproximadamente 2 años de edad, con una condición corporal de 3 (escala 1-5), con un peso promedio de 68.5 ± 2.4 kg y antecedentes de fertilidad probada, también se realizó manejo zootécnico el cual consistió en la esquila, despezuñado y corte de bellos prepuciales. Los carneros fueron distribuidos de manera aleatoria en dos grupos experimentales: 1) el grupo adicionado con *E. americana* (20 %, con base en materia seca) en la dieta (AEA, n=5); 2) el grupo testigo sin la adición de *E. americana* en la dieta (SEA, n=5). El periodo de alimentación de los sementales fue de 11 semanas, tomando la primera semana como adaptación a la dieta; la cual fue balanceada isoprotéica e isoenergéticamente con 11 % de PC y 2.2 Mcal kg^{-1} de EM (NRC, 2007). Los carneros fueron alojados en jaulas individuales de 1.2 x 2.0 m (2.4 m^2), ofreciendo por animal 1.5 kg d^{-1} de alimento (0.750 kg $animal^{-1}$ 08:00 am; 0.750 kg $animal^{-1}$ 14:00 pm, respectivamente), además de agua a libre acceso. La limpieza y las inspecciones de sanidad se realizaron diariamente, durante el desarrollo experimental.
La colección de semen en los carneros se realizó con vagina artificial una vez por semana durante 11 semanas. Los eyaculados en fresco se mantuvieron en un baño termostático a 37 ºC para la evaluación de la calidad seminal se midió el volumen (Vol), motilidad masal (MM) en una escala de 0 – 5 (observación microscópica 10X), motilidad individual (MI) 90 % en una escala de 0 – 100 % (observación microscópica 40X) y concentración espermática (CON) con un fotómetro Minitube SDM1®.
Al final del estudio un eyaculado por semental fue refrigerado, para ello se preparó un diluyente con de 60 % de agua destilada, 20 % de yema de huevo, y 20% de triladyl (Minitub ®) y preparado a una concentración de 50 x 10^6 de espermatozoides por 0.25 mL. Para el proceso de enfriamiento del semen se procedió a bajar gradualmente la temperatura mediante refrigeración de 1 – 2 ºC cada 2 min por 90 min hasta llegar de los 36 ºC a los 5 ºC donde se estabilizó y almacenó por 24 horas. La evaluación de la calidad seminal del semen refrigerado se realizó periódicamente a las 24, 48, 72 y 96 horas, durante las 11 semanas, en donde se determinó la MI, Vol y N de la misma manera como se evaluó el semen fresco.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar (DCA), donde cada semental fue considerado como unidad experimental, en el estudio de los datos se realizó un análisis de varianza para determinar los efectos de tratamientos durante los días y semanas evaluadas. Valores medios fueron comparados por el método de medias de mínimos cuadrados (SAS 9.0, 2002).

Resultados y discusión

Composición de la *Erythrina americana*

La hoja de *E. americana* utilizada en el experimento tuvo un porcentaje alto de proteína (17 %). Se encontró que es alta en ácido clorogénico y tiene otros ácidos fenólicos como protocatecuico, gálico, vainillinico, p-hidroxibenzoico y ferúlico. También se encontró la presencia de flavonoides como quercetina, naringenina, floretina y galangina

Evaluación de semen fresco

La inclusión de 20 % de *E. americana* en la dieta de carneros durante un periodo de 11 semanas no modificó ($P > 0.05$) los promedios en los parámetros de VOL, CON, MM y N, pero si influyó ($P < 0.05$) de manera negativa en la MI y V (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias ± error estándar de las variables evaluadas en semen fresco de carneros.

TRAT	VOL (mL)	CON (X 10 ^{6})	MM (1 - 5)	MI (%)	N (%)	V (%)
AEA	0.83 ± 0.06	4592.1 ± 222.4	3.9 ± 0.03	86.2 ± 0.5 b	94.8 ± 0.36	88.8 ± 0.91 b
SEA	0.80 ± 0.07	4795.4 ± 210.4	3.8 ± 0.06	88.1 ± 0.6 a	95.3 ± 0.37	91.1 ± 0.93 a

AEA: Grupo adicionado con 20 % de MS de *Erythrina americana*. SEA: Grupo testigo. ^{a,b} Valores con distinta literal entre columnas son diferentes (P < 0.05).

Evaluación de semen refrigerado

Durante el refrigerado las variables V y N fueron similares (P > 0.05) entre tratamientos; sin embargo, en el MI el grupo AEA presentó mejores resultados (P < 0.05, Cuadro 2). Durante el refrigerado se observó que los porcentajes de motilidad individual y de espermatozoides vivos se mantuvieron estables (P>0,05) hasta las 72 horas, sin embargo, a las 96 horas existió una disminución. Con respecto a la normalidad podemos decir que esta no se modificó durante la refrigeración.

Cuadro 2. Resultados de las variables evaluadas en semen refrigerado por tratamiento.

Tratamiento	MI (%)	V (%)	N (%)
AEA	71.90 ± 4.37 a	88.40 ± 0.194	95.30 ± 0.77
SEA	65.78 ± 4.42 b	89.36 ± 0.197	95.15 ± 0.78

AEA: Grupo adicionado con 20 % de *Erythrina americana*. SEA: Grupo testigo. ^{a,b} Valores con distinta literal entre columnas son diferentes (P < 0.05). Medias ± error estándar.

Conclusión

La suplementación con *Erythrina americana* en la dieta de carneros reduce la calidad espermática en semen fresco; sin embargo, ayuda en el proceso de enfriamiento, por lo que debe tomarse en cuenta para futuras investigaciones.

Referencias bibliográficas

1. Abadjieva, D., Yotov, S., Mladenova, V., Lauberte, L., Kalvanov, I., Krasilnikova, J., Telesheva, G., Kistanova, E. 2020. Positive effect of natural antioxidant oregonin from Alnus incana bark on ram semen quality stored at 5 °C for 48 h. Research in Veterinary Science 131:153 – 158. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.021.
2. Abdi-Benemar, H., Khalili, B., Zamiri, M.J., Ezazi, H., Sotoudeh, A.G., Hamidzadeh, S., Simanoorf, N. 2020. Effects of astaxanthin supplementation on the freezability, lipid peroxidation, antioxidant enzyme activities and post-thawing fertility of ram semen. Small Ruminant Research 192, 106213. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106213.
3. Pino R.S., Prieto, G., Pérez, M., Molina, T.J. 2004. Género Erythrina: Fuente de metabolitos secundarios con actividad biológica. Acta Farmacéutica Bonaerense. 23 (2): 252 - 258.
4. Rehmana F, Zhaoa C, Shaha M, Qureshib M, Wang X. 2013. Semen Extenders and Artificial Insemination in Ruminants. Ruminants. Veterinaria. 1: 1-8.

VINCULACIÓN DEL HORARIO DE LA COLECTA DE SEMEN MEDIANTE ELECTROEYACULACIÓN EN CARNEROS CON LA CALIDAD DE LOS ESPERMATOZOIDES DESCONGELADOS Y SU CRIORESISTENCIA.

Juan Carlos Orihuela-Porcayo[1*], Livia Pinto-Santini[2] y Rodolfo Ungerfeld[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec, Carretera Zacatepec-Galeana km 0.05, 62780, Zacatepec, Morelos, México; [2]Departamento de Producción Animal y Salud de los Sistemas Productivos, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Ruta 1, km 42.5, 80100, San José, Uruguay; [3]Departamento de Biociencias Veterinarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Ruta 8 km 18, 13000, Montevideo, Uruguay

*Autor para correspondencia orihuela.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: cronobiología, testosterona, espermatozoides

Introducción

La electroeyaculación es frecuentemente utilizada para colectar semen en los carneros por ser una técnica sencilla y no requerir un entrenamiento importante ni del personal ni de los animales. El semen colectado con electroeyaculación contiene un mayor contenido de plasma seminal en el eyaculado que el colectado con vagina artificial porque se estimulan las glándulas accesorias. El plasma seminal tiene un efecto protector sobre los espermatozoides frente al choque térmico del proceso de criopreservación. Cuando se requiere evaluar andrológicamente muchos animales es frecuente utilizar la electroeyaculación, lo que, además, puede prolongarse a lo largo del día. Esto implica que el semen se colecta en diferentes momentos del día, sin considerar la existencia de ritmos circadianos que podrían modificar su calidad, así como las características de los espermatozoides luego del descongelado y su crioresistencia.

En los carneros, la secreción de la hormona luteinizante (LH) (Lincoln et al., 1977) y de testosterona (Pinto-Santini et al., 2022), es mayor por la tarde que por la mañana. Las vesículas seminales y la próstata tienen receptores para LH, por lo que, su incremento, estimularía la actividad de estas glándulas, modificando la composición del plasma seminal. La testosterona promueve el proceso eyaculatorio y es importante para la síntesis de algunas proteínas del plasma seminal, por lo que la modificación del entorno seminal durante la eyaculación podría repercutir en la criopreservacion de los espermatozoides. En este sentido, Orihuela et al. (2023) observaron que el porcentaje de espermatozoides con motilidad progresiva varió de acuerdo a la hora de la colecta, probablemente por los cambios en la concentración de testosterona. Considerando esta información, se podría esperar que la crioresistencia espermática, y, por tanto, la calidad del semen descongelado, varíe de acuerdo al horario de colecta del semen. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue comparar la calidad de los espermatozoides descongelados y su crioresistencia, cuando se colecta con electroeyaculación al amanecer (06:00 h), al mediodía (12:00 h) o al anochecer (18:00 h).

Materiales y métodos

El trabajo se realizó durante la temporada reproductiva de los carneros (febrero), en la Facultad de Veterinaria, de la Universidad de la República, Uruguay (34°54’ S). Todos los procedimientos experimentales efectuados fueron aprobados por la Comisión de Ética en el Uso de Animales de la Facultad de Veterinaria. Se utilizaron doce carneros Corriedale (entre 2 y 5 años de edad; 75.6 ± 8.5 kg, media ± DE), habituados a la colecta de semen mediante electroeyaculación. Se colectó semen con electroeyaculación de todos los carneros en tres horarios con un arreglo entrecruzado. La obtención de semen se realizó en tres bloques de cuatro carneros en cada tratamiento, rotando los animales en cada colecta, por lo que todos los carneros recibieron todos los tratamientos. Se utilizó un electroeyaculador automático, con una sonda rectal con dos electrodos longitudinales, programado para emitir pulsos eléctricos durante 2 s, con intervalos de descanso de otros 2 s. Se aplicó una serie de 10 pulsos, comenzando con 2 V y aumentando 1 V en cada serie hasta que se produjo la eyaculación. Se congeló el semen con una curva de enfriamiento de aproximadamente 2 h hasta alcanzar 5 °C. Luego, las muestras se colocaron en pajuelas y se colocaron en vapores de nitrógeno durante 10 min antes de sumergirlas en nitrógeno líquido. Aproximadamente cinco meses después, se retiraron dos pajuelas de cada carnero del nitrógeno líquido y se descongelaron a temperatura ambiente durante 10 s. Posteriormente se colocaron

en un baño de agua a 37 °C durante 30 s y el contenido se vertió en un tubo eppendorf, permaneciendo a 37 °C.
En el semen fresco y en el descongelado se registró el porcentaje de espermatozoides con integridad de la membrana espermática mediante la prueba de hinchazón hipoosmótica y el porcentaje de espermatozoides sin colas dobladas. Con el sistema ISAS (Integrated Sperm Analysis System) se registró el porcentaje de espermatozoides mótiles y con motilidad progresiva, la velocidad curvilínea, velocidad rectilínea y velocidad media, clasificadas en espermatozoides con velocidad rápida, media y lenta en cada variable. La crioresistencia del porcentaje de espermatozoides con integridad de la membrana espermática, de espermatozoides sin colas dobladas, de espermatozoides mótiles y con motilidad progresiva se calculó para cada variable como valor luego de la descongelación*100/valor del semen fresco. Todos los datos se compararon entre tratamientos utilizando un modelo mixto (proc mixed, SAS On Demand for Academics). Los tratamientos se incluyeron como efectos fijos, y el día de colecta y el carnero como efectos aleatorios. Los datos se presentan como media de mínimos cuadrados ± media del error estándar agrupado. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P \leq 0.05$ y como tendencias cuando $0.05 < P \leq 0.1$.

Resultados y discusión
El momento del día en que se efectuó la colecta de semen no afectó ninguna de las características de los espermatozoides luego del descongelado (Cuadro 1). Si bien, el momento de la colecta tampoco afectó la cinética de los espermatozoides descongelados, tendió a modificar las velocidades curvilínea, rectilínea y media de la clasificación de espermatozoides rápidos ($P = 0.07$, $P = 0.1$ y $P = 0.09$, respectivamente; Cuadro 1). No se encontraron diferencias en ninguna de las variables indicativas de crioresistencia (Cuadro 2).

Cuadro 1. Características de los espermatozoides descongelados de carneros colectados con electroeyaculación al amanecer, mediodía o anochecer (media de mínimos cuadrados ± error estándar de la media agrupado).

	Amanecer	Mediodía	Anochecer	EEM	P
Porcentaje:					
Espermatozoides con membrana funcional	23.8	24.1	29.9	5.3	ns
Espermatozoides mótiles	18.8	11.0	11.8	5.1	ns
Espermatozoides con motilidad progresiva	8.5	4.8	6.4	3.2	ns
Espermatozoides sin cola doblada	94.4	95.4	88.9	3.4	ns
Cinética (µm/s):					
Velocidad curvilínea	57.0	43.6	49.2	7.4	ns
Velocidad curvilínea lentos	20.6	19.4	19.1	2.4	ns
Velocidad curvilínea medios	41.5	32.9	43.2	6.7	ns
Velocidad curvilínea rápidos	84.7	51.7	60.4	13.7	0.07
Velocidad lineal	31.9	23.5	27.2	5.4	ns
Velocidad lineal lentos	9.2	8.6	8.5	1.2	ns
Velocidad lineal medios	20.8	16.5	23.8	4.3	ns
Velocidad lineal rápidos	51.6	30.6	36.0	9.6	0.1
Velocidad promedio	36.5	27.1	30.8	5.4	ns
Velocidad promedio lentos	12.6	11.9	11.6	1.5	ns
Velocidad promedio medios	26.1	19.9	27.7	4.6	ns
Velocidad promedio rápidos	55.5	32.7	38.3	9.7	0.09

ns: no significativo

Con el diseño utilizado en este estudio, la hora del día en que se colectó el semen no modificó las características evaluadas en los espermatozoides. Sin embargo, es importante considerar que con el uso de la electroeyaculación podría maximizarse la colección de plasma seminal independientemente del

horario. El semen colectado con electroeyaculación contiene un mayor contenido de plasma seminal en el eyaculado porque se estimulan las glándulas accesorias (Hulet et al., 1964). Por lo tanto, sería interesante determinar si este efecto podría diferir en el caso de colectar el semen con vagina artificial. También sería interesante considerar los efectos de la época sobre las posibles diferencias, dado que en la temporada no reproductiva las concentraciones de la LH y de testosterona son más bajas (Pérez-Clariget et al., 1998), por lo que los cambios de estas hormonas de acuerdo a su ritmo circadiano podrían tener mayor impacto.

Cuadro 2. Crioresistencia de los espermatozoides descongelados obtenidos con electroeyaculación en carneros al amanecer, mediodía o anochecer (media de cuadrados mínimos ± error estándar de la media agrupado).

	Amanecer	Mediodía	Anochecer	EEM	P
Espermatozoides con membrana funcional (%)	60,6	58,5	62,4	16,1	ns
Espermatozoides mótiles (%)	23,9	13,9	13,6	6,0	ns
Espermatozoides con motilidad progresiva (%)	16,8	7,5	12,6	5,1	ns
Espermatozoides sin cola doblada (%)	101.4	98.4	93.2	5.0	ns

ns: no significativo

Conclusiones

El momento del día en el que se colecta el semen de los carneros con electroeyaculación no tuvo efectos sobre las características de los espermatozoides descongelados ni sobre su crioresistencia. Cuando se colecta semen para criopreservación con electroeyaculación el horario de colecta parece no ser relevante para determinar la calidad luego de descongelado.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos al INIFAP, por apoyar los estudios de Juan Carlos Orihuela en Uruguay. Este estudio contó con el apoyo de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación con la beca "POS_NAC_D_2020_1_164576".

Referencias bibliográficas

1. Hulet, C., Foote, W., Blackwell, R., 1964. Effects of natural and electrical ejaculation on predicting fertility in the ram. Journal of Animal Science, 23, 418-424. https://doi.org/10.2527/jas1964.232418x
2. Lincoln, G.A., Peet, M.J., Cunningham. R.A., 1977. Seasonal and circadian changes in the episodic release of follicle-stimulating hormone, luteinizing hormone and testosterone in rams exposed to artificial photoperiods. Journal of Endocrinology, 72, 337-349. 10.1677/joe.0.0720337
3. Orihuela, J.C., Pinto-Santini, L., Beracochea, F., Giriboni, J., Viera, M.N., Silveira, P., Ungerfeld, R., 2023. Time of day modified the time required for semen collection with electroejaculation and slightly affected the quality of fresh semen in rams. Tropical Animal Health and Production, 55, 144. https://doi.org/10.1007/s11250-023-03564-w
4. Pérez-Clariget, R., Forsberg, M., Rodríguez-Martínez, H., 1998. Seasonal variation in live weight, testes size, testosterone, LH secretion, melatonin and thyroxin in Merino and Corriedale rams in a subtropical climate. Acta Veterinaria Scandinavica, 39: 35–47. https://doi.org/10.1186/BF03547805
5. Pinto-Santini, L., Pérez-Clariget, R., Ungerfeld, R., 2022. Does the metabolic and behavior daily variation pattern on rams differ in summer and winter? Biological Rhythm Research, 10.1080/09291016.2022.2129541

.

INDUCCIÓN DE LA FORMACIÓN DE CUERPOS LÚTEOS SUPLEMENTARIOS MEDIANTE LA ADMINISTRACIÓN DE GNRH MÁS HCG DESPUÉS DEL DÍA 40 EN GESTACIONES MULARES.

Vania Zarazuadi Chavarria-Fuentes[1]*, Luis Alberto Zarco-Quintero[1], Ana Miryam Boeta-Acosta[1], Jordi Ramón Miró-Roig[3]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, [2]Universidad Autónoma de Barcelona

*Autor para correspondencia: vaniachavarria.mvz@gmail.com

Palabras clave: Gestación mular, progesterona, cuerpo lúteo.

Introducción

Las mulas (Equus mulus) son híbridos infértiles, producidos por la cruza de yeguas (Equus caballus) y burros (Equus asinus). Las gestaciones mulares presentan una alta incidencia de abortos, principalmente en los primeros cuatro meses, debido a factores como una respuesta inmunológica exagerada de la madre que destruye prematuramente las copas endometriales, responsables de producir gonadotropina coriónica equina (eCG). Esta hormona es clave en la formación de cuerpos lúteos suplementarios, los cuales elevan y mantienen las concentraciones de progesterona (P_4) necesarias para sostener la gestación (Boeta & Zarco, 2012).

En gestaciones mulares, las copas endometriales desaparecen antes del día 60, lo que lleva a una baja producción de eCG, una menor formación de cuerpos lúteos suplementarios y, por ende, una baja concentración de progesterona que en muchos casos impide llevar a término la gestación. Dado que la eCG y la LH tienen funciones similares, es posible estimular la formación de cuerpos lúteos suplementarios en gestaciones mulares mediante un protocolo hormonal que combine deslorelina (análogo de GnRH) y hCG. Estudios preliminares han demostrado que este tratamiento puede inducir la formación de cuerpos lúteos adicionales y elevar la progesterona. Por ello, el presente proyecto de investigación evalúa la eficacia de un protocolo hormonal (Deslorelina + hCG) para inducir cuerpos lúteos suplementarios entre los días 40 y 70 de gestaciones mulares, analizando su efecto en la formación de cuerpos lúteos suplementarios y en los niveles de P4 (Newcombe & Peters, 2014).

Materiales métodos

El estudio se llevó a cabo en la Clínica de Reproducción de Équidos de la FMVZ en Tequisquiapan, Querétaro. Se seleccionaron 18 yeguas gestantes (raza Criolla, 4 a 18 años de edad, 250–430 kg), divididas en dos grupos: experimental (7 yeguas) y testigo (11 yeguas). A las yeguas del grupo experimental se les inyectó deslorelina vía IM en dosis crecientes durante 5 días (de 65 µg hasta 588 µg cada 12 horas) al detectarse un folículo ≥20 mm de la segunda oleada folicular a partir de la formación de las copas endometriales. Cuando el folículo alcanzó los 35 mm, se aplicó hCG (2500 UI) vía IM para inducir la formación de uno o más cuerpos lúteos. Las yeguas del grupo control también fueron monitoreadas vía ultrasonido, aplicando inyecciones placebo con solución salina en momentos equivalentes al grupo experimental. Para el monitoreo de las ondas foliculares y de los cuerpos lúteos se utilizó ultrasonografía transrectal (modo B y Doppler) para hacer seguimiento diario de los folículos y cuerpos lúteos (CL) hasta el día 70, Se identificaron CL secundarios (por ovulación) y accesorios (por luteinización sin ovulación), denominados en conjunto CL suplementarios.

El ultrasonido Color Doppler se utilizó cada 5 días para medir la vascularización de los CL, evaluada con el software ImageJ, correlacionando flujo sanguíneo con niveles de progesterona (P_4). Se tomaron muestras de sangre cada 5 días (día 35 al 70) para medir niveles de P_4 y eCG de ambos grupos mediante kits ELISA específicos. Al finalizar el estudio, se indujo aborto en 8 yeguas mediante aplicación de PGF2α sintética (Cloprostenol), monitoreando por ultrasonido hasta confirmar muerte fetal y expulsión del producto. Para el análisis estadístico se empleó un análisis de regresión o ANOVA para comparar concentraciones de P_4 y eCG entre grupos. Dentro del grupo experimental, se comparó la respuesta al tratamiento (formación de CL) y sus efectos hormonales. Así mismo, se analizó la relación entre P_4, eCG, número y tamaño de cuerpos lúteos presentes en cada animal entre el grupo testigo y el grupo experimental.

Resultados y discusión

Durante el estudio se observaron ovulaciones accesorias entre los días 51 y 61 de gestación tanto en el grupo experimental como en el grupo control, estos datos coinciden con Boeta, 2008, donde encontró formación de nuevos cuerpos lúteos accesorios en fechas similares. No obstante, el grupo tratado con deslorelina + hCG mostró una mayor incidencia de formación de cuerpos lúteos (CL) accesorios:71% de las yeguas del grupo experimental formaron ≥1 CL accesorio; Solo 27% de las yeguas del grupo control lo hicieron. Esto sugiere que el tratamiento hormonal fue eficaz en inducir la formación de CL suplementarios, en contraste con la baja capacidad natural de las yeguas con gestación mular para formarlos. En el grupo experimental, se registró un mayor número acumulado de CL a lo largo de la gestación, algunos animales llegaron a formar hasta 13 CL. En contraste, en el grupo control varias yeguas sostuvieron la gestación únicamente con el CL primario. Así mismo, la formación de CL accesorios fue más precoz en el grupo experimental (promedio día 55) que en el grupo control (promedio día 63).

En el caso de las concentraciones hormonales, las concentraciones de progesterona (P_4) fueron significativamente mayores en el grupo experimental ($p<0.001$), lo que refuerza la idea de que la formación de múltiples CL, inducida por el tratamiento, promueve una mayor producciónn de P_4 (figura 1).

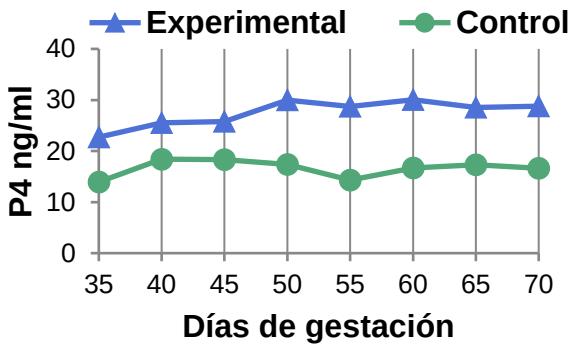


Figura 1. Concentraciones medias de P_4 del día 35 al 70 de gestación del grupo testigo y experimental.

El análisis de regresión mostró que el número de CL explica el 34.1% de la variabilidad en las concentraciones de P_4. Por cada CL adicional, la concentración de P_4 aumentó en 3.28 ng/ml, partiendo de una base de 11.36 ng/ml con un solo CL. En contraste, las concentraciones de eCG fueron significativamente mayores en el grupo control (11.07 UI/ml) en comparación con el experimental (5.79 UI/ml, $p<0.01$) (figura 2). Esto indica que el aumento de P_4 y la formación de CL en el grupo tratado no fue consecuencia de la eCG, sino del protocolo hormonal aplicado.

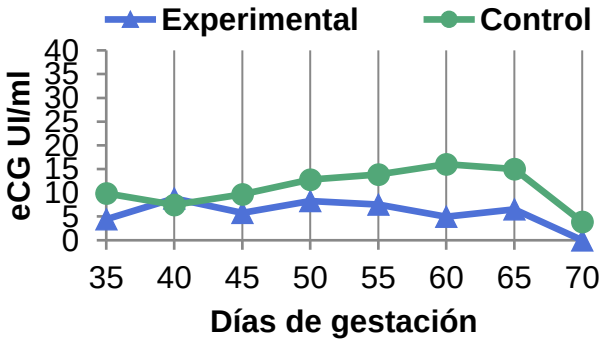


Figura 2. Concentraciones medias de P_4 del día 35 al 70 de gestación del grupo testigo y experimental.

Al final del proyecto se realizó la inducción del aborto de 8 yeguas mediante la aplicación exógena de PGF2α sintética (cloprostenol) Las yeguas gestantes con mula, al tener bajas concentraciones de eCG, fueron más susceptibles a la luteólisis inducida por la PGF2α. La muerte fetal ocurrió entre 36 y 48 horas post-aplicación, y la expulsión fetal entre 24 y 48 horas después de la muerte, lo cual coincide con estudios

previos (Flores, 2009). Las yeguas con mayor número de CL suplementarios requirieron más dosis de PGF2α para inducir aborto, lo que confirma que la cantidad de CL influye en la resistencia a la luteólisis.

Conclusiones

El tratamiento con deslorelina + hCG es efectivo para inducir la formación de CL suplementarios en yeguas con gestación mular, esto permite elevar las concentraciones de progesterona, hormona clave para el mantenimiento de la gestación. Además, el aumento en CL y P_4 reduce el riesgo de aborto temprano, común en este tipo de gestación. En resumen, el protocolo hormonal aplicado representa una herramienta prometedora para mejorar la tasa de éxito de las gestaciones mulares, al compensar las deficiencias endocrinas propias de este tipo de cruza.

Fuente financiadora

El presente proyecto de investigación de la Maestría en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal está financiado por el proyecto PAPIIT IN225923.

Referencias bibliográficas:

1. Boeta M. 2008. Efecto de la época del año sobre la funsionalidad de las copas endometriales y la secreción de eCG en yeguas utilizadas para la producción de mulas. Tesis Doctoral. FMVZ. UNAM. México.
2. Boeta M, Zarco L. 2012. Luteogenic and luteotropic effects of eCG during pregnancy in the mare. Anim Reprod Sci. 130: 57-62.
3. Flores G. 2009. Efecto del cloprostenol sobre la función lútea y viabilidad fetal en yeguas gestantes con feto mula y feto caballo en etapas tempranas de la gestación. Tesis de Maestría en Ciencias. FMVZ.UNAM. México.
4. Newcombe J, Peters A. 2014. The Buserelin enigma; how does treatment with this GnRH analogue decrease embryo mortality?. J Veterinary Sci Technolo. 5(1): 1-7. DOI: 10.4172/2157-7579.1000151.
5. Urias C, Zarco L, Boeta M. 2017. The role of equine chorionic gonadotropin (eCG) in the stimulation of luteal steroidogenesis in mares carrying horse or mule pregnancies. J Equine Vet Sci. 50:1-7.

EFECTO DE LA ADMINISTRACIÓN DE CARBETOCINA ANTES DE LA ELECTROEYACULACIÓN SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SEMEN DESCONGELADO EN CARNEROS.

Juan Carlos Orihuela-Porcayo[1*], Julia Giriboni[2] y Rodolfo Ungerfeld[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec, Carretera Zacatepec-Galeana km 0.05, 62780, Zacatepec, Morelos, México; [2]Departamento de Biociencias Veterinarias, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Ruta 8 km 18, 13000, Montevideo, Uruguay.

*Autor para correspondencia orihuela.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: eyaculación, calidad seminal, pequeños rumiantes.

Introducción

Durante la actividad sexual masculina se secreta y libera a la circulación sistémica oxitocina. Se han localizado receptores para esta hormona en una variedad de tejidos del aparato reproductor masculino, por lo que, estimularía contracciones del sistema reproductivo y posiblemente modificaría el entorno de los espermatozoides durante la eyaculación al modificar la composición del plasma seminal. El plasma seminal está compuesto por secreciones del testículo, epidídimo y de las glándulas accesorias, y su composición modifica los resultados de criopreservación de los espermatozoides (Soleilhavoup et al., 2014). Sin embargo, los resultados de administrar oxitocina antes de la colección de semen son inconsistentes, probablemente debido a la variabilidad de dosis y momentos de aplicación utilizados. En este sentido, es importante considerar que la vida media de la oxitocina es de pocos minutos, por lo que el momento de administración antes de la colecta, así como la cantidad de dosis podrían determinar su efectividad. Actualmente existe un análogo sintético de la oxitocina, la carbetocina, con una vida media al menos diez veces mayor que la misma y sin efectos adversos, y que, por tanto, mantiene sus efectos durante períodos más prolongados después de una sola administración. La administración de carbetocina 10 o 20 min antes de la electroeyaculación en carneros, aumentó el volumen del eyaculado, la concentración de espermatozoides, la cantidad de espermatozoides eyaculados, de espermatozoides motiles, con motilidad progresiva, con membrana funcional y sin colas dobladas, el porcentaje de espermatozoides con membrana funcional, para finalmente obtener más del doble de dosis de inseminación (Orihuela et al., 2024). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar si la administración de carbetocina 20 o 10 min antes de la electroeyaculación en carneros modifica las características de los espermatozoides descongelados y su crioresistencia.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante la transición a la temporada reproductiva (finales de la primavera) en la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República, Uruguay. Todos los procedimientos experimentales fueron aprobados por la Comisión de Ética en el Uso de Animales de la Facultad de Veterinaria. El experimento se llevó a cabo con 12 carneros Corriedale habituados a los procedimientos de electroeyaculación, con una edad entre 2.5 a 5.5 años y un peso corporal de 76.8 ± 8.1 kg (media ± DE). Se colectó semen con electroeyaculación de todos los carneros con un arreglo entrecruzado con tres tratamientos 1) se administró 0.2 mg/100 kg de carbetocina 20 min antes de la electroeyaculación (grupo CB-20); 2) la misma dosis de carbetocina se administró 10 min antes de la electroeyaculación (grupo CB-10); y 3) no se administró carbetocina (grupo CON). Se realizaron tres colectas de semen cada 4-5 días con tres bloques de cuatro carneros, intercambiando el tratamiento a cada bloque en cada día de colecta, por lo que todos los carneros recibieron todos los tratamientos. La colecta de semen se realizó con un electroeyaculador automático, equipado con una sonda rectal con dos electrodos longitudinales, programada para emitir pulsos eléctricos durante 4 s, con intervalos de descanso también de 4 s. Se aplicó una serie de 10 pulsos, comenzando con 2 V y aumentando 1 V en cada serie hasta que se produjo la eyaculación. El semen se diluyó con un diluyente comercial y posteriormente se congeló con una curva de enfriamiento de aproximadamente 2 h hasta alcanzar 5 °C. Luego, las muestras se colocaron en pajuelas de 0.25 mL con una dosis de 30 millones de espermatozoides y se colocaron en vapores de nitrógeno durante 10 min antes de sumergirlas en nitrógeno líquido. Aproximadamente cinco meses después, se retiraron del nitrógeno líquido dos pajuelas de cada carnero y se descongelaron a temperatura ambiente

durante 10 s, se colocaron en un baño de agua a 37 °C durante 30 s y el contenido se vertió en un tubo eppendorf, permaneciendo a 37 °C para su evaluación. En el semen fresco y en el semen descongelado se registró el porcentaje de espermatozoides móviles y con motilidad progresiva, la velocidad curvilínea, velocidad lineal y velocidad promedio con el sistema ISAS (Integrated Sperm Analysis System, Valencia, España), así como el porcentaje de espermatozoides con integridad de la membrana espermática mediante la prueba de HOST. La crioresistencia se calculó para cada variable como valor luego de la descongelación*100/valor del semen fresco. Todos los datos se compararon entre tratamientos utilizando un modelo mixto (proc mixed, SAS On Demand for Academics). Los tratamientos se incluyeron como efectos fijos, y el día de colecta y el carnero como efectos aleatorios. Los datos se presentan como media de mínimos cuadrados ± media del error estándar agrupado. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P \leq 0.05$ y como tendencias cuando $0.05 < P \leq 0.1$.

Resultados y discusión

El porcentaje de espermatozoides con membrana funcional y sin colas dobladas en el semen descongelado difirieron entre tratamientos (P = 0.03 y P = 0.04, respectivamente). El porcentaje de espermatozoides con membrana funcional fue mayor en CB-20 que en CON (P = 0.01), y CB-10 tendió a ser mayor que CON (P = 0.06), sin diferencias entre CB-20 y CB-10 (Cuadro 1). El porcentaje de espermatozoides sin colas dobladas fue mayor en CB-10 que en CB-20 y CON (P = 0.02 y P = 0.04, respectivamente, Cuadro 1). Los tratamientos no afectaron el porcentaje de espermatozoides móviles, ni de espermatozoides con motilidad progresiva, ni la cinética de los espermatozoides del semen descongelado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características del semen descongelado de carneros con administración de carbetocina 20 y 10 min antes de la electroeyaculación (CB-20 y CB-10, respectivamente), y sin administración de carbetocina (CON) (Media de Cuadrados Mínimos ± Error Estándar de la Media agrupado).

	CB-20	CB-10	CON	EEM	P
Espermatozoides móviles (%)	7.6	5.3	6.2	1.8	ns
Espermatozoides con motilidad progresiva (%)	2.8	2.1	2.4	1.0	ns
Espermatozoides con membrana funcional (%)	22.7 ^{a}	19.8 ^{ab}	13.3 ^{b}	3.3	0.03
Espermatozoides sin colas dobladas (%)	83.3 ^{b}	90.0 ^{a}	83.6 ^{b}	3.4	0.04
Cinética (µm/s):					
Velocidad curvilínea	51.1	52.1	47.3	8.4	ns
Velocidad lineal	29.7	27.8	24.6	6.0	ns
Velocidad promedio	33.3	31.7	28.3	5.9	ns

ns: no significativo

La crioresistencia del porcentaje de espermatozoides sin colas dobladas difirió entre tratamientos (P = 0.01), siendo mayor en CB-10 que en CB-20 y CON (P = 0.003 y P = 0.04, respectivamente) (Cuadro 2). No se encontraron diferencias en la crioresistencia de los porcentajes de espermatozoides móviles, espermatozoides con motilidad progresiva y espermatozoides con membrana funcional (Cuadro 2).

Cuadro 2. Crioresistencia de los espermatozoides descongelados de carneros con administración de carbetocina 20 y 10 min antes de la electroeyaculación (CB-20 y CB-10 respectivamente), y sin administración de carbetocina (CON) (Media de Cuadrados Mínimos ± Error Estándar de la Media agrupado).

	CB-20	CB-10	CON	EEM	P
Espermatozoides móviles (%)	9.2	10.4	7.2	2.9	ns
Espermatozoides con motilidad progresiva (%)	5.1	3.9	3.3	2.0	ns
Espermatozoides con membrana funcional (%)	34.6	31.3	27.0	4.9	ns
Espermatozoides sin colas dobladas (%)	92.1 ^{b}	103.6 ^{a}	95.9 ^{b}	3.9	0.01

ns: no significativo

Por su vida media larga, la carbetocina mantendría en forma continua un estímulo contráctil en el epidídimo y conductos deferentes (Whittington et al., 2001) por un período de tiempo más prolongado, lo que

probablemente pudo haber modificado la composición del eyaculado. En este sentido, el plasma seminal podría tener una composición diferente por el estímulo persistente de la carbetocina sobre las glándulas anexas. Por ejemplo, las glándulas vesiculares secretan proteínas del plasma seminal que en los mamíferos contribuyen en el mantenimiento de la función de los espermatozoides (Maxwell et al. 2007). Se asume que los espermatozoides con membrana funcional integra y normales provienen de la cola del epidídimo, donde previamente adquirieron motilidad y capacidad de fecundar (Arthur, 2001). A pesar de adquirir motilidad en dicho órgano, los espermatozoides no despliegan la motilidad en si hasta el momento de la eyaculación donde se activan al mezclarse con el plasma seminal (Arthur, 2001). Si bien, el tratamiento con carbetocina no parece tener un efecto positivo sobre la cinética de los espermatozoides, tampoco se observa un efecto adverso sobre estas variables. Hasta el momento, la administración de carbetocina antes de la colecta de semen parece tener un mayor efecto sobre variables cuantitativas y la integridad de membranas espermáticas (Orihuela et al., 2024). Los resultados de este estudio indican que los espermatozoides de los carneros tratados con carbetocina resisten la congelación-descongelación al igual que los no tratados, y el tiempo de administración no sería una limitante, ya que podría ajustarse entre los 10 y 20 min antes de la colecta. Además, el aumento en el porcentaje de espermatozoides con integridad de membrana y la crioresistencia de los espermatozoides sin colas dobladas de los animales tratados permitiría obtener un mayor porcentaje de espermatozoides funcionales por cada pajuela y mayor cantidad de dosis de inseminación, si se consideran los resultados reportados previamente en el semen fresco (Orihuela et al., 2024). Por tanto, se puede utilizar por ejemplo en programas de inseminación artificial con semen descongelado.

Conclusiones

Si bien, la globalidad de la calidad del semen no se vio afectada luego de la congelación descongelación, el porcentaje de espermatozoides con integridad de membrana y sin colas dobladas, así como la crioresistencia de los espermatozoides sin colas dobladas fueron mejor en el semen de carneros tratados con carbetocina antes de la electroeyaculación, lo que permitiría obtener dosis inseminantes con más espermatozoides funcionales. Además, no se generaron efectos negativos sobre otras variables evaluadas en el semen descongelado, por lo que pudiera ser potencialmente apto para utilizarse en programas de inseminación artificial.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este estudio fue apoyado por el CSIC (Universidad de la República) y la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (POS_NAC_D_2020_1_164576). Agradecemos al INIFAP, por apoyar los estudios de Juan Carlos Orihuela en Uruguay.

Referencias bibliográficas

1. Arthur, G.H., 2001. Veterinary Reproduction and Obstetrics. 8th edition. London: Saunders
2. Maxwell, W.M.C., De Graaf, S.P., Ghaoui, Rel-H., Evans, G., 2007. Seminal plasma effects on sperm handling and female fertility. Society of Reproduction and Fertility Supplement, 64:13-38. https://doi.org/10.5661/rdr-vi-13
3. Orihuela, J.C., Freitas-de-Melo, A., Pinto-Santini, L., Giriboni, J., Viera, M.N., Santiago-Moreno, J., Beracochea, F., Silveira, P., Ungerfeld, R., 2024. A single administration of carbetocin before electroejaculation increases the insemination doses produced from each ejaculate in rams. Theriogenology, 221:1-8. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.03.008
4. Soleilhavoup, C., Tsikis, G., Labas, V., Harichaux, G., Kohnke, P., Dacheux, J., Guérin, Y., Gatti, J., de Graaf, S., Druart, X., 2014. Ram seminal plasma proteome and its impact on liquid preservation of spermatozoa. Journal of Proteomics, 109:245-60. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2014.07.007
5. Whittington, K., Assinder, S.J., Parkinson, T., Lapwood, K.R., Nicholson, H.D., 2001. Function and localization of oxytocin receptors in the reproductive tissue of rams. Reproduction, 122:317–325. https://doi.org/10.1530/rep.0.1220317

EFECTO DE UN MODIFICADOR ORGÁNICO EN LA REPRODUCCIÓN ANUAL DE CARNEROS DE RAZAS DE PELO.

Carlos Alberto Ramos-Jonapá[1], Cesar Cortez-Romero[2], María Esther Ortega-Cerrilla[1], Jaime Gallegos-Sánchez[1].

[1]Sistema de Postgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, [2]Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis P.

*Autor para correspondencia karlos_mvz09@hotmail.com

Palabras clave: reproducción animal, carnero, nutrición.

Introducción

El fotoperiodo es un factor de importancia en la reproducción para una variedad de mamíferos y aves, llega a influir en algunos peces, roedores y reptiles y es considerado un proceso de selección natural, debido a que los animales la utilizan como estrategia para minimizar el impacto negativo del ambiente. En la reproducción de la especie ovina, se presentan dos etapas fisiológicas a través del año, una etapa de anestro estacional donde existe mayor receptividad de luz por parte de las células fotorreceptoras de la retina y una etapa reproductiva donde hay menor receptividad de luz. En el carnero, la etapa de anestro se ha considerado por disminuir la libido y la espermatogénesis, las cuales, se restablecen al iniciar la etapa reproductiva, debido al efecto neuro-endócrino del eje hipotálamo-hipófisis-gónada y la melatonina (Arroyo, 2011).

A pesar del buen funcionamiento fisiológico de los carneros, en México, un alto porcentaje de los pequeños productores manejan el pastoreo como su principal aporte nutricional en sus rebaños, considerando que los forrajes varían su contenido nutricional en cada estación del año y que existe un impacto negativo del efecto ambiental en las praderas, cabe la posibilidad de estar contribuyendo a un estrés fisiológico-nutricional importante para la reproducción del carnero; hoy en día, las farmacéuticas brindan opciones de suplementación nutricional para animales en producción, como los modificadores orgánicos, los cuales ofrecen un conjunto de minerales, vitaminas, aminoácidos y azucares que ayudan al organismo a contrarrestar los efectos del estrés (calórico y nutricional). Los efectos de un modificador orgánico, se han estudiado en animales de la especie bovina en pastoreo, en relación con la ganancia de peso, en donde se han obtenido resultados positivos (Delgado et al. 2012).

En la búsqueda de la raza más idónea para la producción ovina en el país, y contrarrestar los problemas de nutrición, el uso de hormonas sintéticas y la baja fertilidad en el rebaño, se ha ingresado la genética de diferentes razas a producciones, sin embargo, la raza pelibuey sigue siendo considerada entre las razas de pelo, una de las más rusticas y adaptables al medio de producción, a tal grado que su distribución en el país impactó de maneja positiva, siendo útil desde regiones de la península hasta del norte del país. Por lo antes mencionado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de un modificador orgánico (MO) comercial (Metabolase) sobre las etapas fisiológicas de la reproducción (anestro estacional – reproductiva) del carnero de raza de pelo en comparación con una de lana.

Materiales y métodos

La extracción de muestras y los espermogramas se realizaron en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa), del Colegio de Postgraduados, campus Montecillos, ubicada en Texcoco, Estado de México (19°27’53.0” N y 98°54’34.4” E). Las características climatológicas en la región, se constituyen de un clima templado semiseco, con temperatura media anual de 15.9°C, precipitación anual de 686.0 mm. y una altitud de 2250 msnm.

Diseño experimental

Se utilizaron 33 carneros de tres razas diferentes de pelo (Pelibuey n=11, Dorper n=7, Damara n=7) y una de lana (East Friesian n=8) adaptados a la región a 19° latitud norte, con 36 ± 6 meses de edad y un peso corporal de 111 ± 47 kg, los cuales se analizaron fisiológicamente, se realizó recorte de pezuñas, procedimiento de esquila (en el caso de animales con lana) y desparasitación (closantel 10 mg/kg) 30 días previos al inicio del estudio. El estudio tuvo una duración de 10 meses (marzo – febrero) con la finalidad de analizar una etapa de anestro estacional (marzo – septiembre) y una etapa reproductiva (septiembre – marzo) según la reproducción fisiológica del ovino en la zona geográfica. Los carneros se distribuyeron en

un grupo tratamiento (n=18, de los cuales, pelibuey n=6, dorper n=4, damara n=4, East Friesian n=4) con aplicación del MO cada 15 días por todo el periodo del estudio, vía subcutánea (SC) con una dosis de 5 mL por animal y un grupo control, sin tratamiento (n=15).
Los animales se encontraron estabulados en corrales abiertos, con techo de tipo invernadero y suelo compacto de un compuesto de horizonte endurecido, con un área de 30 m2 para siete sementales (4.2 m2 × animal), con disponibilidad de agua en bebederos automáticos y comederos de concreto y fueron distribuidos por razas, para evitar problemas de dominancia territorial. A todos los animales, sin importar tratamiento, se les proporcionó una dieta de mantención basada en alfalfa (*Medicago sativa L.*), avena (*Avena fatua*) y minerales (Mineral Tech Borrego; fosforo 65.0 g/kg, calcio 140.0 g/kg, magnesio 10.0 g/kg, sal 300.0 g/kg, manganeso 2.5 g/kg, zinc 3.0 g/kg, yodo 0.050 g/kg, cobalto 0.125 g/kg, Purina, México) dos veces al día, proporcionada a las 0800 y 1400 horas.
Previo a la recolección de muestras seminales, se recaudaron datos de medida de circunferencia escrotal (CE), peso corporal (PC) y se realizó una limpieza de la zona ventral del animal con iodopovidona al 10% y una limpieza del prepucio con solución salina 0.9%. Para provocar la eyaculación del carnero, se utilizó una hembra en estro inducido (dos aplicaciones de PGF2α, 25 mg c/u, con intervalo de 9 días, Lutalyse, Zoetis, México), sujetada en un potro de manejo, una vagina artificial a una temperatura interna entre 37-39 °C (ARBiotech, México) y un tubo cónico de 15 mL para la recolección del eyaculado.
Las muestras de semen se evaluaron inmediatamente después de su recolección y se determinó parámetros macroscópicos (volumen) y microscópicos (motilidad masal, concentración, % morfología y % viabilidad). El volumen de eyaculado se determinó con la graduación del tubo de recolección, la motilidad masal se evaluó con un microscopio binocular con platina térmica (LW200, LW Scientific inc., USA) y objetivo de 10×, se determinó en una escala de 0 al 5 (0= sin motilidad, 1= movimiento individual, 2= movimiento lento, 3= movimiento lento con amplitud de ondas, 4= movimiento rápido en las ondas, 5= ondas con movimiento rápido). La concentración espermática, se analizó mediante una dilución 1:200 (semen : agua tridestilada), y el conteo de cabezas de las células espermáticas con ayuda de una cámara de Neubauer con el objetivo 40×, la evaluación de morfología y viabilidad, se realizó mediante una dilución 1:4 (semen : tinción eosina-nigrosina (Hycel, México)), se realizó un frotis, y se evaluó viabilidad con objetivo de 100× y el conteo de 100 espermatozoides (célula con cabeza teñida se consideró no viable y los no teñidos como viables), y se evaluó morfología espermática con la observación de 100 espermatozoides con objetivo de 100× considerando anomalías primarias y secundarias.
Análisis estadístico
Se realizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2×4, donde los efectos principales fueron: A) época (a1= anestro, a2= reproductiva); B) suplementación (b1= sin suplementación, b2= con suplementación) y C) raza (c1= pelibuey, c2= damara, c3= dorper, c4= E. Friesian) en el Software SAS (versión 9.0). Se consideró estadísticamente significativo a $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión
En el análisis de medias obtenidas en la época de anestro estacional comparando las cuatro razas, en la raza pelibuey se obtuvieron mejores resultados en variables de motilidad y concentración (3.44±0.11 y 4.55E+09±1.40E+08 respectivamente) en grupos controles, a pesar de haber obtenido la menor cantidad en volumen de eyaculado (0.86±0.03), mientras que la raza damara obtuvo los mejores resultados en grupos controles en cuanto a peso, CE y volumen de eyaculado (87.58±1.52, 33.71±0.50, 1.11±0.07 respectivamente), en cuanto a la raza damara, sé obtuvieron valores superiores a lo reportado en estudios realizados en Sudáfrica, esto debido al posible factor ambiental (Ngcobo et al, 2023). Un punto a destacar es que los datos obtenidos en la época de anestro de los grupos controles, fueron superiores que, en la época reproductiva, y a pesar que se ha reportado influencias del fotoperiodo en hembras en latitudes cercanas al ecuador (15° - 22° N) cabe la posibilidad que los machos sean menos susceptibles al fotoperiodo a estas latitudes. Los valores obtenidos de la raza dorper y E. friesian en época de anestro de grupos controles fueron los más deficientes en peso, CE y concentración. sin embargo, en ambas razas, la aplicación del modificador orgánico, aumentó los valores obtenidos del grupo suplementado en todas las variables, donde destaca la E. friesian con mejores valores en motilidad y concentración (3.33±0.11 y 4.56E+09±1.18E+08) y la damara en cuanto a CE y volumen (35.31±0.41 y 1.22±0.30), por lo que la influencia de la suplementación de los componentes del modificador orgánico, podrían tener mayor impacto y ser más eficientes sobre la espermatogénesis en razas menos adaptadas a la región geográfica.

.

Conclusiones

A pesar de no ser consideradas razas pesadas, la pelibuey y damara, demuestran tener menor efecto del fotoperiodo en su reproducción y mantener una óptima calidad espermática durante todo el año, caso contrario con la dorper e E. friesian, y se estima que debido a los componentes del modificador orgánico (Metabolase) como suplemento nutricional en carneros, este ayuda de manera estándar a mantener y mejorar los valores de CE, volumen y motilidad.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa), del Colegio de Postgraduados, campus Montecillos.

Fuente financiadora

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

Referencias bibliográficas

1. Delgado CA, Trigueros VA, Tang PJ, Angelats MR, Gavidia CC. (2012). Effects of an organic modifier on body weight gain in zebu cattle in the tropics of peru. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 23(2), 153-159.
2. Arroyo J. (2011) Reproductive seasonality of sheep in Mexico. Tropical and subtropical agroecosystems, 14:829-845.
3. Ngcobo, J. N., Nedambale, T. L., Mpofu, T. J., Nephawe, K. A., Chokoe, T. C., & Ramukhithi, F. V. (2023). Seasonal Variations in Semen Quality, Testosterone Levels, and Scrotal Size following Dietary Flaxseed Oil and Ascorbic Acid in South African Indigenous Rams. Animals, 13(7), 1213. https://doi.org/10.3390/ani13071213dcds
4. López Pérez LM, Zarco Quintero L, Boeta Acosta AM (2010). Induction of ovarian activity with artificial photoperiod in criollo mares located at 19 9'N. Veterinaria México, vol. 41, núm. 2; pp. 89-100 Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México

EFECTO DE LA REMOCIÓN DEL PLASMA SEMINAL SOBRE LA VIABILIDAD DEL SEMEN CAPRINO CRIOPRESERVADO CON UN DILUYENTE A BASE DE LIPOSOMAS.

Fortunato Nava Joachin., Chavarría Neri Irene., Arellano Rodríguez Fernando., Ángel García Oscar., Arellano Rodríguez Gerardo., Alvarado Espino Ariadna Vanessa., Alvarado-Espino Alan Sebastián.

Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.
*Autor para correspondencia: natonava97@gmail.com

Palabras clave: criopreservación, centrifugación, plasma seminal.

Introducción

El avance de las biotecnologías de para preservar el semen se han centrado en mantener la capacidad de fecundación de los espermatozoides congelados. Sin embargo, los distintos procesos de congelación y descongelación provocan daños en los espermatozoides (Souza *et al*., 2019). El éxito general de la técnica depende de la composición del medio de congelación. Se han establecido diferentes estrategias para optimizar la eficiencia de la crioconservación de los espermatozoides como son el desarrollo de diferentes medios de conservación (Al-Bulushi *et al.,* 2019). Sin embargo, las enzimas del plasma seminal de los machos cabríos pueden interactuar con componentes específicos de la leche desnatada o la yema de huevo, lo que hace que los diluyentes que contienen estas sustancias sean perjudiciales para los espermatozoides de los machos cabríos (Vizcarra *et al*., 2022). Se han reportado estudios que se recomienda la eliminación del plasma seminal mediante lavados antes de la dilución del semen para mejorar la calidad del semen congelado y descongelado cuando se utilizan diluyentes que contienen leche o yema de huevo (Silva *et al*., 2019).Uso de Optixcell® se ha utilizado como diluyente para el almacenamiento de camello, ya que este contiene liposomas que se ha informado que son beneficios para la criopreservación de semen y ha funcionado muy bien con otras especies (Singh *et al.,* 2018).El efecto que tiene lo liposomas podría deberse a la incorporación y la estabilidad en membrana espermática al momento del choque térmico. Por lo anterior el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la remoción del plasma seminal sobre la viabilidad del semen caprino criopreservado con un diluyente a base de liposomas.

Materiales y métodos

Localización del estudio y animales experimentales

El experimento se realizó en el norte de México, en el Centro de Investigación en Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (26° de Latitud Norte y 104° de Longitud Oeste), durante la época reproductiva (agosto-septiembre). El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015). Se utilizaron machos cabríos adultos de la raza Alpino-francés (n = 4, de 1.5 a 2 años de edad), homogéneos en cuanto a peso vivo (PV; 75.0 ± 0.32 kg) y condición corporal (CC; 3.5 ± 0.10 unidades); con fertilidad probada previo al estudio experimental a través de evaluaciones frecuentes de calidad seminal. Durante el periodo experimental, los machos se alimentarán dos veces al día (8:00 h y 18:00 h), a libre acceso con una dieta basada en heno de alfalfa (18% PC, 1.95 Mcal de EM) y 100 g de concentrado comercial (21% PC,1.7 Mcal EM) en base a sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Los machos se mantuvieron en libre acceso al agua limpia y sales minerales y un periodo de adaptación de 2 semanas previas a la investigación.

Colección y procesamiento del semen

El semen fue colectado por la mañana (8:00 a 10:00 h) cada 4 d, durante 4 semanas. Se utilizó como estímulo para la extracción de semen una hembra en celo. El semen se recolecto con una vagina artificial estándar para ovinos y caprinos, mantenida a una temperatura de 38 °C. Se colectarán un total de 64 eyaculados. Después de cada extracción el semen será sumergido inmediatamente en baño maría a 37 °C para su posterior análisis macroscópico y microscópico durante los primeros 10 minutos después de la recolección. Los eyaculados se analizaron subjetivamente y solo cuando las muestras presentaban un volumen > 0.8 ml y una motilidad ≥ 60 %, se agruparon los eyaculados. Lugo, los pools fueron analizados aquellos que presentaron ≥ 60 % de motilidad, ≥ 100 x 106 espermatozoides/mL y ≤ 20 % de espermatozoides anormales fueron aprobados para su uso en el experimento (Souza *et al*., 2019). Cada

eyaculado se dividió en dos fracciones iguales, una de las cuales contenía plasma seminal (SP+) y otra con el plasma seminal extraído (SP-). La remoción del plasma seminal se realizó de acuerdo con (Silva *et al*., 2019). Unas teniendo las muestras de semen agrupados se diluyeron (1:9, v/v) en una solución de lavado (La solución Ringer Lactato) y se centrifugaron dos veces 1500 rpm-5 minutos. Luego del procedimiento del lavado se diluyeron formando dos tratamientos experimentales con una concentración de (100 x 106 espermatozoides/mL): SP+ (Con plasma seminal, diluyente OX) y SP- (Sin plasma seminal, diluyente OX). Posteriormente las muestras ya diluidas fueron sometidas a 3 procesos para su evaluación: semen fresco (SF); semen refrigerado (SR, equilibrado a 4 °C por 4 horas); y semen congelado (SC). Después de refrigerar el semen se llenaron las pajillas de 0.25 mL y para el proceso de congelación se colocaron a 7 cm de nitrógeno líquido (NL, - 140°C) por 10 min; después se sumergieron directamente en el NL (-196°C) y se almacenaron hasta su análisis (Morrell *et al.,* 2022). En cada uno de los estados de conservación (SF, SR y SC), el semen se analizó, inmediatamente y cada 15 minutos durante el proceso de conservación, para evaluar la motilidad total y la viabilidad. En el caso del SC, se llevó el proceso de descongelación, para lo cual, la pajilla se descongeló, sumergiéndola en agua atemperada (37º C) durante 40 s. La viabilidad espermática (VE; %), se evaluó mediante el uso de la técnica de tinción con eosina-nigrosina (Alberto *et al.,* 2012), se observaron al menos 200 espermatozoides por muestra mediante microscopio óptico, utilizando el objetivo de 100X, y se calculó el porcentaje de células vivas (sin teñir) y de células muertas (teñidas de color rosa). Todas las evaluaciones fueron realizadas siempre por el mismo evaluador calificado. La motilidad total se realizó utilizando el equipo de Sistema computarizado de análisis seminal (Computer Assisted Semen Analysis, CASA; Minitube, Alemania). Se coloco una alícuota de 5.0 µL de la muestra en un portaobjeto precalentado a (37 °C), se cubrió con un cubreobjeto y se evaluaron mediante una microscopia de contraste de ase (eclipse 50i, Nikon, Japón). Las estimaciones de motilidad espermática se realizaron en cinco campos microscópicos aleatorios no consecutivos para cada muestra por el mismo operador (Corredor *et al.,* 2018).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros seminales fueron comparadas usando una prueba de t. Se contempló el efecto del uso de los diferentes procesos de crioconservación y la interacción de diluyente a base de liposomas con la remoción del plasma seminal. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS V9.1 (SAS, 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de P≤0.05.

Resultados y discusión

Los resultados del presente estudio se muestran en el cuadro 1. La motilidad fue similar entre tratamientos (P>0.05). No se observaron diferencias estadísticas significativas con respecto a la remoción o no del plasma seminal. así mismo tampoco se observaron significativas en la viabilidad del semen. Sin embargo, hubo un efecto en el tiempo independientemente de los tratamientos (P<0.0001).la motilidad y viabilidad del semen fueron similares no obstante luego del congelamiento y descongelamiento disminuyeron significativamente con respecto al semen fresco y refrigerado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias (±EEM) Para la calidad la remoción del plasma seminal sobre la viabilidad y motilidad total del semen caprino criopreservado con un diluyente a base de liposomas.

	Motilidad	Viabilidad
Ox + plasma		
Fresco	**65 ± 4^{a}**	**84 ± 2^{a}**
Refrigerado	**62 ± 4^{a}**	**77 ± 3^{a}**
Congelado	**40 ± 4^{b}**	**52 ± 3^{b}**
Ox - plasma		
Fresco	**64 ± 5^{a}**	**83 ± 1^{a}**
Refrigerado	**69 ± 3^{a}**	**74 ± 4^{a}**
Congelado	**38 ± 3^{b}**	**43 ± 4^{b}**

ab Literales desiguales entre columnas difieren a P ≤0.05

La congelación es método de preservar espermatozoides por tiempo indefinido, sin embargo, para lograr el éxito en este proceso es necesario conocer las particularidades de las especies cuyos eyaculados se desea criopreservar, es este trabajo se desarrolló el método de la remoción del plasma seminal utilizando diluyente a base de liposomas. Singh *et al., (*2018) Reportan que interacciones entre el plasma seminal y los fosfolípidos de la lecitina de soja parecen ocurrir de manera dependiente del tiempo, sé concluyó que

la remoción de plasma seminal mejora la calidad del semen caprino enfriado en diluyente a base de lecitina de soya, especialmente cuando se utiliza lecitina de soya al 2 %. En nuestro estudio los resultados de ambos tratamientos se observan que no es necesario remover el plasma seminal utilizando diluyentes a base de liposomas. Al-Bulushi *et al.,* (2019) Reporta que el diluyente de liposomas mantuvo la motilidad total de los espermatozoides de camello en una tasa de 56.7 % y 61.3 % respetivamente, luego de 48 de almacenamiento en refrigeración con 5°C.Souza *et al*., (2019) Dice que el extensor de medio comercial optixcell comprometió a la motilidad total y tuvo un mayor estrés oxidativo en comparación con el extensor TRIS.

Conclusiones

Se concluye que la crioconservación del semen caprino no requiere lavado seminal por centrifugación utilizando diluyente a base de liposomas, según resultados del presente estudio no mostraron diferencias estadísticas significativas entre el uso de los diferentes métodos de conservación con plasma seminal y sin plasma seminal.

Referencias bibliográficas

1. Bustani, G. S., & Baiee, F. H. (2021). Semen extenders: An evaluative overview of preservative mechanisms of semen and semen extenders. *Veterinary World*, *14*(5), 1220–1233. https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1220-1233
2. Silva, R. A. J. A., Batista, A. M., Arruda, L. C. P., de Souza, H. M., Nery, I. H. de A. V., Gomes, W. A., Soares, P. de C., Silva, S. V., & Guerra, M. M. P. (2019). Concentration of soybean lecithin affects short-term storage success of goat semen related with seminal plasma removal. *Animal Reproduction*, *16*(4), 895–901. https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0012
3. Singh, A. K., Kumar, A., Honparkhe, M., Kaur, S., Kaur, H., Ghuman, S. P. S., & Brar, P. S. (2018). Comparison of in vitro and in vivo fertilizing potential of buffalo bull semen frozen in egg yolk-, soya bean lecithin- and liposome-based extenders. *Reproduction in Domestic Animals*, *53*(1), 195–202. https://doi.org/10.1111/rda.13092
4. Souza, C. V. de, Brandão, F. Z., Santos, J. D. R., Alfradique, V. A. P., Santos, V. M. B. dos, Morais, M. C. da C., Rangel, P. S. C., Silva, A. A. da, & Souza-Fabjan, J. M. G. (2019). Effect of different concentrations of L-carnitine in extender for semen cryopreservation in sheep. *Cryobiology*, *89*, 104–108. https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2019.05.009
5. Vizcarra, V. M. G., Garcia, Y. S. V., Ramírez, J. C. H., Nuñez, O. M. M., & Beltrán, V. A. S. (2022). Efecto del retiro de plasma seminal en la calidad espermática de semen caprino congelado usando diferentes criopreservadores. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, *2*(2), 110–115. https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n2-008

.

ULTRASONOGRAFÍA DOPPLER Y TIEMPO REAL EN EL DIAGNÓSTICO DE ENDOMETRITIS SUBCLÍNICA EN VACAS HOLSTEIN DE ESTABLOS FAMILIARES.

Fernando Villaseñor-González[1,2], Luis Javier Montiel-Olguín[1,3], Mario Alfredo Espinosa-Martínez[3], Marina Durán-Aguilar[1,4], Feliciano Milian-Suazo[1,4], Héctor Raymundo Vera-Ávila[1,4*].

[1]Doctorado en Ciencias Biológicas-FCN-UAQ, [2]C.E. Centro Altos de Jalisco– INIFAP [3]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal- INIFAP, [4]Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia FCN-UAQ,

*Autor para correspondencia: hector.raymundo.vera@uaq.mx

Palabras clave: ultrasonografía tiempo real, ultrasonografía Doppler, endometritis subclínica.

Introducción

La endometritis subclínica (ESC), como enfermedad puerperal, presenta una alta prevalencia en hatos bovinos lecheros, afecta el desempeño reproductivo y la rentabilidad (Villaseñor et al., 2025). Los métodos de diagnóstico para esta patología se basan en la determinación del grado de infiltración endometrial de células polimorfonucleares (PMN) a partir de lavados uterinos, raspados endometriales o biopsias de la pared uterina lo que los hace imprácticos para su uso extensivo a nivel de establo. La ultrasonografía en tiempo real y la ultrasonografía Doppler han emergido como una herramienta prometedora en la valoración funcional del aparato reproductor en bovinos, con la ventaja de que es una técnica no invasiva. En estudios previos con el uso del Doppler se pudo evaluar la función lútea con base al grado de irrigación sanguínea de esta estructura y se concluyó que se pueden hacer diagnósticos de gestación más precoces (21 días post-servicio), con una confiabilidad alta. La ultrasonografía en tiempo real y Doppler podrían identificar incrementos en tamaño de útero y cérvix e irrigación sanguínea asociados a procesos inflamatorios como ocurre en la metritis y endometritis clínica. La endometritis subclínica, como un proceso inflamatorio crónico (Sheldon et al., 2006), provoca cambios en el patrón de irrigación uterina detectables a través de la ultrasonografía Doppler, sin embargo, esto aún no se ha evaluado en vacas de establos de lechería familiar.

Objetivo

Determinar la eficacia diagnóstica de la ultrasonografía en tiempo real y la ultrasonografía Doppler para la detección de endometritis subclínica en vacas de establos de lechería familiar.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado con la información de 496 lactaciones de vacas Holstein con 2.21±1.45 lactaciones en promedio, presentes en cuatro establos característicos del sistema de lechería familiar de la región de Los Altos de Jalisco. El estudio se realizó de noviembre de 2021 a julio de 2023, periodo durante el cual se tomaron muestras citológicas endometriales de vacas sin síntomas clínicos de enfermedad uterina, a los 30±5 días posparto utilizando la técnica de Cytobrush. Se establecieron los límites para la distribución por cuartiles del porcentaje de células polimorfonucleares (PMN) y el límite del tercer cuartil fue considerado como valor umbral para diagnosticar a una vaca como positiva a ESC (4.0 % PMN). En paralelo a la obtención de muestras para citología endometrial se realizó una exploración ultrasonográfica del aparato reproductor con una sonda lineal de 7.5 MHz Doppler (Chison 3 Expert®). Lo anterior, para obtener mediciones del diámetro, perímetro y área del cérvix y cuernos uterinos. Para medir el cérvix se colocó la sonda en la parte media del cérvix y para los cuernos uterinos las mediciones se realizaron a una pulgada después de la bifurcación obteniendo a su vez una imagen con la herramienta Doppler color y Doppler poder de este sitio; en las mediciones de cuernos uterinos se calculó el promedio y este valor se usó como variable de respuesta. Las mediciones anatómicas se realizaron con las herramientas incluidas en el equipo de ultrasonido por un mismo técnico. Las imágenes que se obtuvieron con la herramienta Doppler color y poder, fueron analizadas con un software de procesamiento de imagen (Image J) para determinar el porcentaje de irrigación en los cuernos uterinos. Los análisis estadísticos se realizaron mediante análisis de varianza con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.4, para cada una de las mediciones obtenidas por ultrasonografía, considerando como variable independiente a la presencia o ausencia de endometritis subclínica. En el caso de porcentajes de irrigación los datos fueron transformados para su normalización a arcoseno de la raíz cuadrada de la proporción previo a su análisis y después de probar

normalidad los resultados se muestran en su escala original para facilitar su interpretación. En las variables de respuesta que resultaron diferentes entre vacas positivas y negativas a ESC, se realizó a su vez un análisis de curvas ROC para determinar su valor umbral para diagnóstico, así como la sensibilidad y especificidad correspondientes.

Resultados y discusión

Como puede observarse en el Cuadro 1, solamente algunas de las mediciones anatómicas del útero fueron diferentes entre vacas positivas y negativas a ESC; en particular el perímetro (P=0.05) y área promedio de los cuernos uterinos (P=0.002). En el caso de mediciones de cérvix, en nuestro estudio se encontró un promedio de diámetro de 3.21 cm a los 30-35 días posparto y en un estudio en vacas Holstein de China fue de 3.5 cm (Zhang *et al.,* 2010). El promedio de diámetro de los cuernos uterinos en nuestro estudio fue de 2.99 cm a los 30-35 días posparto de manera similar a lo reportado por Zhang et al. (2010) en donde encontraron valores entre 2.8 y 2.9 cm. Existe evidencia de que la ESC afecta negativamente el desempeño reproductivo, pero al parecer no existen cambios importantes en las dimensiones anatómicas del tracto reproductivo, específicamente en el cérvix y los cuernos uterinos. En un estudio se evaluó la prevalencia de ESC en vacas y su relación con la fertilidad, donde los resultados muestran que las vacas positivas a ESC disminuyeron su tasa de concepción a primer servicio y la tasa de gestación acumulado a 120 días posparto. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las mediciones anatómicas del tracto reproductivo entre vacas negativas y positivas (Pascottini et al., 2023), y aunque en nuestro estudio sí se observaron algunas diferencias entre vacas positivas y negativas a ESC, estas diferencias fueron mínimas y sin utilidad para usarlas como herramienta diagnóstica. Se confirma entonces que la ESC puede causar alteraciones funcionales que afectan el desempeño reproductivo, pero sin modificaciones en las dimensiones anatómicas del tracto reproductivo en vacas lecheras, confirmando que las alteraciones por ESC son microscópicas y sistémicas. En un estudio para diagnosticar la ESC con el Doppler, no se encontró correlación entre los resultados citológicos con las variables ecográficas (Ghasemzadeh-nava et al., 2025). En nuestro estudio, como se puede observar en el Cuadro 1, sí existen diferencias estadísticas en los porcentajes de irrigación de cuernos uterinos evaluados por Doppler poder entre vacas positivas y negativas a ESC. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de análisis de curvas ROC para las variables que fueron diferentes entre vacas positivas y negativas a ESC. De acuerdo con el valor de área bajo la curva (AUC), solamente el área de cuernos uterinos y su porcentaje de irrigación evaluado con Doppler Poder pudieran tener valor diagnóstico (AUC >0.6). Sin embargo, los valores correspondientes de sensibilidad y especificidad indican una baja capacidad discriminatoria para identificar a los animales positivos (área de cuernos uterinos) o negativos (área de cuernos uterinos y porcentaje de irrigación) a esta patología uterina. Las pequeñas diferencias en medidas anatómicas y de porcentaje de irrigación entre vacas positivas y negativas a ESC, así como el bajo poder discriminatorio de estas mediciones, limita de forma importante el uso de la ultrasonografía como herramienta diagnóstica a nivel de establo para ESC; las variaciones entre técnicos que realizan las evaluaciones podrían ser de la misma magnitud que las diferencias encontradas entre animales positivos y negativos a ESC.

Cuadro 1. Efecto de la ESC sobre mediciones anatómicas y porcentaje de irrigación uterina de vacas Holstein en sistemas de producción familiar.

	ESC +	ESC -	P
Cérvix			
Diámetro (cm)	3.25±0.05 (n=149)	3.16±0.03 (n=459)	0.07
Perímetro (cm)	8.99±0.13 (n=149)	8.87±0.08 (n=450)	0.48
Área (cm^2)	5.35±0.16 (n=149)	5.32±0.09 (n=440)	0.85
Cuernos uterinos			
Diámetro (cm)	3.05±0.05 (n=150)	2.94±0.03 (n=440)	0.10
Perímetro (cm)	8.68±0.15 (n=150)	8.34±0.09 (n=440)	0.05
Área (cm^2)	4.67±0.17 (n=150)	4.06±0.10 (n=440)	0.002
Irrigación de cuernos uterinos con Doppler color (%)	3.39±0.37 (n=90)	2.44±0.20 (n=306)	0.20
Irrigación de cuernos uterinos con Doppler poder (%)	3.40±0.32 (n=90)	2.22±0.17 (n=306)	0.001

ESC30 -, negativa a endometritis subclínica a 30 días postparto; ESC30 +, positiva a endometritis subclínica a 30 días postparto. Los resultados muestran medias + error estándar; n, es el número de observaciones por grupo; P, es el valor de Probabilidad.

Cuadro 2. Análisis de curvas ROC para evaluación de desempeño diagnóstico de diferentes mediciones uterinas en la detección de endometritis subclínica.

	Umbral	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)	Área bajo la curva
Cérvix				
Diámetro (cm)	3.42	40	62	0.546±.022
Cuernos uterinos				
Perímetro (cm)	8.61	44	61	0.556±.027
Área (cm2)	3.81	59	56	0.601±.026
Irrigación de cuernos uterinos Doppler Poder				
Porcentaje (%)	2.18	76	44	0.674±.033

Conclusiones

Las mediciones uterinas mediante ultrasonografía en tiempo real, Doppler color y Doppler poder, a pesar de ser de aplicación no invasiva y presentar algunas diferencias entre vacas negativas y positivas a endometritis subclínica, no representan una opción de herramienta diagnóstica para esta patología en vacas lecheras. Lo anterior debido a que las diferencias son pequeñas y por lo tanto difíciles de caracterizar en evaluaciones a nivel de establo, además de presentar un bajo poder de discriminación para identificar casos positivos (sensibilidad) y negativos (especificidad).

Agradecimientos

A los productores cooperantes, a los estudiantes de licenciatura y posgrado que han colaborado en las actividades de campo. Al CONAHCyT por la beca otorgada al primer autor (CVU 309758).

Fuente financiadora

Universidad Nacional Autónoma de Querétaro (FONDENC-UAQ 2021. FNV-2021-03). Los resultados forman parte de la tesis Doctoral del primer autor. El INIFAP con el proyecto fiscal con número SIGI 15352034772.

Referencias bibliográficas

1. Villaseñor, G, F., Montiel, O, L, J., Espinosa, M, M, A., Durán, A, M., Milian, S, F., & Vera, A, H. R. (2025). Risk factors for subclinical endometritis and its effect on reproductive performance in small-scale dairy farms. Veterinary and animal science, 27, 100422.
2. Sheldon, I. M., Lewis, G. S., Le Blanc, S., Gilbert, R. O. 2006. Defining postpartum uterine disease in cattle. Theriogenology 65: 1516–1530.
3. Zhang, J., Deng, L. X., Zhang, H. L., Hua, G. H., Han, L., Zhu, Y., Meng, X. J., & Yang, L. G. (2010). Effects of parity on uterine involution and resumption of ovarian activities in postpartum Chinese Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, *93*(5), 1979–1986.
4. Pascottini, O. B., Aurich, C., England, G., & Grahofer, A. (2023). General and comparative aspects of endometritis in domestic species: A review. *Reproduction in Domestic Animals*, 58(Suppl. 2), 49–71.
5. Ghasemzadeh-nava, H., Masoudifard, M., Shafiee-tabar, M. et al. Evaluation of endometrial vascular flow index and echogenicity following experimental induction of subclinical endometritis in dairy cows. Sci Rep 15, 16073 (2025).

EFECTO DEL CONTROL TÉRMICO DURANTE LA GESTACIÓN Y LACTANCIA Y SU REPERCUSIÓN EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERDA.

Gerardo Ordaz Ochoa[1*], Tércia Cesária Reis de Souza[2], Gerardo Mariscal Landín[1]

[1]CENID Fisiología, INIFAP, México. [2]Facultad de Ciencias Naturales, UAQ, México.

*Autor para correspondencia: ordaz.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: estrés calórico, cerda, lactancia.

Introducción

La regulación del ambiente térmico en las instalaciones porcinas es un factor determinante para el bienestar y la productividad de las cerdas, particularmente durante la gestación avanzada, el parto y la lactancia. En estas etapas críticas, el mantenimiento de condiciones óptimas de temperatura y humedad es fundamental para reducir el estrés calórico, mejorar el consumo de alimento, favorecer la producción de leche y disminuir la mortalidad pre y postnatal (Bjerg et al., 2020). En México y en buena parte de Latinoamérica, la mayoría de las granjas porcinas operan con sistemas de manejo ambiental manual, basados en la apertura de cortinas laterales, ventilación natural o el uso ocasional de ventiladores. Aunque estos esquemas representan una solución económicamente viable para muchas unidades de producción, la falta de control térmico preciso puede derivar en exposiciones prolongadas a condiciones subóptimas, afectando negativamente el desempeño reproductivo de las cerdas, el crecimiento de los lechones y la eficiencia general del sistema (Godyń et al., 2020). Si bien los sistemas automatizados de climatización ofrecen beneficios en términos de estabilidad ambiental, su costo de inversión y mantenimiento limita su adopción en regiones con recursos restringidos. Por ello, es necesario generar evidencia técnica que permita diseñar estrategias de manejo ambiental adaptadas para las diferentes condiciones de operación, que consideren el clima local, la fisiología de las cerdas y la dinámica productiva, con el objetivo de mitigar los efectos negativos del estrés térmico sin requerir necesariamente la implementación de tecnología costosa. El objetivo fue determinar el efecto del control térmico durante la gestación y lactancia y su repercusión en la productividad de la cerda.

Materiales y métodos

Este experimento se llevó a cabo en dos sistemas comerciales de ciclo completo ubicados en el Bajío, México, uno con control térmico manual (CTM) y otro con control térmico automático (CTA). Un total de 50 cerdas (Yorkshire x Landrace) fueron monitoreadas desde el momento de la inseminación hasta el destete. Para determinar el efecto de la temperatura ambiental sobre el tipo de sistema se utilizaron datos climáticos correspondientes al periodo de enero a mayo de 2025. Así mismo se registró (HOBO MX2302®) la temperatura y humedad relativa interna de las instalaciones (gestación y lactancia) en las cuales se encontraban las cerdas. La Figura 1 muestra la temperatura ambiental máxima durante el periodo de evaluación.

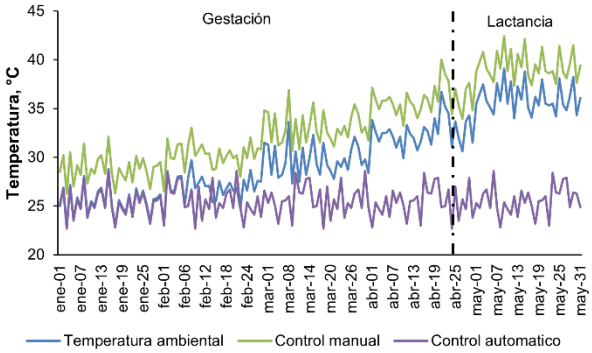


Figura 1. Comportamiento de la temperatura ambiental (temperatura máxima) y condiciones internas de las instalaciones bajo control térmico manual y automático en salas de gestación y lactancia.

Las cerdas fueron alimentadas de acuerdo con su etapa productiva con dietas convencionales en harina (Tabla 1). Las dietas fueron adicionadas con vitaminas y minerales para cumplir o superar los

requerimientos recomendados por el NRC (2012) en cada etapa evaluada. Durante la gestación las cerdas se alimentaron de acuerdo con su puntuación de condición corporal. Durante la lactancia la alimentación de las cerdas fua a libre acceso. Se registró el número total de lechones nacidos, nacidos vivos, nacidos muertos, destetados y peso de los lechones al nacimiento y destete y consumo de alimento en lactancia. Se tomaron muestras sanguíneas prepandiales de 15 cerdas/grupo los días 0 (IA), 30, 60, 90 de gestación, al parto y los días 7, 14 y 21 (destetes) de lactancia. Se determinó la concentración plasmática de glucosa y NEFA a través de métodos enzimáticos en un Cobas c 111Mira.

Tabla 1. Composición nutricional de las dietas

Composición nutricional estimada	Dietas	
	Gestación	Lactancia
EM, Mcal/kg	3.12	3.36
Proteína cruda, %	16.15	18.89
Lisina digestible, %	0.62	1.12
Treonina digestible, %	0.48	0.71
Ca total, %	0.55	0.57
P total, %	0.50	0.52
P digestible, %	0.25	0.26

Todos los análisis estadísticos se realizaron con SAS versión 9.4 (SAS Institute Inc, Cary, Carolina del Norte, EE. UU.). Los datos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar (PROC MIXED). La cerda fue la unidad experimental de análisis. El grupo fue el principal efecto probados. Para el caso de los niveles de glucosa y NEFA los datos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con mediciones repetidas. Las diferencias entre las medias se determinaron mediante el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans), con $\alpha \leq 0.05$.

Resultados y discusión

El tipo de control térmico aplicado durante la gestación y lactancia tuvo un efecto sobre la productividad de la cerda durante la lactancia (Tabla 2). Las cerdas manejadas bajo CTA mostraron un mayor consumo de alimento durante la lactancia (0.7 kg/día más; $p < 0.05$), lo que sugiere una mejor adaptación al ambiente y menor estrés térmico. Este mayor consumo se tradujo en una menor pérdida de peso corporal durante la lactancia (31.5 vs. 38.1 kg; $p < 0.05$).

Taba 2. Efecto del control térmico durante la gestación y lactancia sobre el desempeño productivo de las cerdas durante lactancia

Indicador	CTM	CTA	EEM
Consumo de alimento promedio, kg	4.8[a]	5.5[b]	0.093
Peso de la cerda al parto, kg	193.0[a]	186.2[b]	1.646
Peso de la cerda al destete, kg	154.9	154.8	1.343
Pérdida de peso, kg	38.1[a]	31.5[b]	0.804
Total de nacidos	13.8	13.4	0.320
Nacidos vivos	12.2	12.0	0.421
Nacidos muertos	1.5	1.3	0.009
Mortalidad predestete, %	10.9[a]	6.9[b]	0.640
Destetados	10.7[a]	11.5[b]	0.498
Peso del lechón al nacimiento	1.3	1.4	0.013
Peso del lechón al destete	6.1[a]	6.7[b]	0.110

CTM: control térmico manual, CTA: control térmico automático, EEM: error estándar de la media.
[a,b] Literales diferentes indican diferencia estadística ($p<0.05$) dentro de fila.

Aunque no se observaron diferencias en el número total de nacidos ni en los nacidos vivos o muertos (Tabla 2). Las cerdas bajo CTA presentaron una menor mortalidad predestete (4.0% más; $p < 0.05$), un mayor número de lechones destetados (0.7 lechones más; $p < 0.05$) y un mayor peso de los lechones al destete (0.4 kg más; $p < 0.05$). Estos hallazgos reflejan una mejor eficiencia materna en condiciones térmicamente más estables, como resultado de un entorno ambiental más cercano al confort fisiológico (Mayorga et al., 2019).

Para el caso de la glucosa plasmática, se observó un incremento progresivo durante la gestación en ambos grupos; sin embargo, las cerdas bajo CTM presentaron concentraciones mayores ($p < 0.05$; Figura 2) a

partir del día 30 de gestación, con un pico en el día del parto (~87 mg/dL), seguido de una reducción paulatina durante la lactancia. En contraste, las cerdas alojadas en salas con CAM mostraron una elevación más moderada. Esta diferencia sugiere un menor grado de movilización energética asociada al estrés térmico en este grupo (Mayorga et al., 2019; Mosnier et al., 2010). El comportamiento de los (NEFA) refuerza dicho comportamiento. Las cerdas bajo CTM mostraron mayor movilización lipídica, alcanzando un pico de ~370 µEq/L en el día del parto, superior ($P < 0.05$) al grupo con CTA (~280 µEq/L). Este patrón se asocia con un mayor compromiso energético, posiblemente derivado de un ambiente térmico menos favorable, con mayor demanda metabólica para termorregulación (Mosnier et al., 2010).

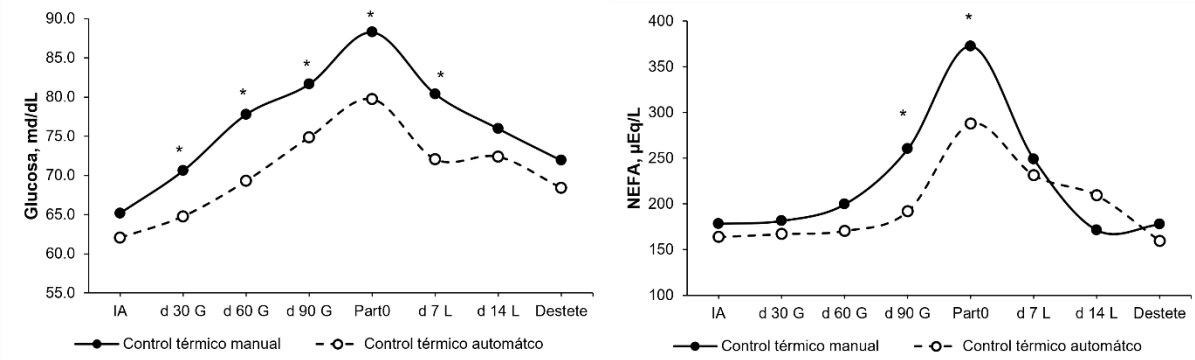


Figura 2. Efecto del tipo de control térmico sobre las concentraciones plasmáticas de glucosa y ácidos grasos no esterificados (NEFA) en cerdas durante la gestación y lactancia. *Indica diferencia estadística ($p < 0.05$) entre grupos dentro de día de evaluación.

Conclusión y consideraciones

El uso de CTA durante la gestación y lactancia de las cerdas mejoró el consumo de alimento durante la lactancia, redujo la pérdida de peso corporal y disminuyó la mortalidad predestete, además de favorecer un mayor número y peso de lechones destetados. Estos resultados reflejan que la estabilidad térmica contribuye a un mejor desempeño metabólico y productivo en cerdas y lechones.

Si bien el CTA mostró mejores resultados productivos al mantener condiciones ambientales más estables, su implementación en granjas porcinas de México y Latinoamérica sigue siendo limitada por su alto costo. Por tanto, es indispensable promover estrategias complementarias y accesibles que permitan mitigar los efectos del estrés térmico en sistemas con CTM. Estas incluyen mejoras en la ventilación natural, ajuste del horario de alimentación, y asegurar la disponibilidad de agua fresca. Además, se deben implementar estrategias nutricionales eficaces, como el uso de aditivos moduladores del metabolismo, dietas con mayor densidad energética o con perfil de aminoácidos ajustado para reducir la termogénesis. Ello en conjunto con prácticas de monitoreo fisiológico y selección de animales más resilientes. La combinación de estas estrategias, adaptadas al contexto climático y económico de cada región, representa una vía viable para mejorar el confort térmico y el desempeño reproductivo en unidades de producción con recursos limitados.

Referencias bibliográficas

1. Bjerg, B., Brandt, P., Pedersen, P., Zhang, G., 2020. Sows' responses to increased heat load – A review. J Therm Biol 94, 102758. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102758
2. Godyń, D., Herbut, P., Angrecka, S., Vieira, F.M.C., 2020. Use of different cooling methods in pig facilities to alleviate the effects of heat stress—a review. Animals 10, 1–14. https://doi.org/10.3390/ani10091459
3. Mayorga, E.J., Renaudeau, D., Ramirez, B.C., Ross, J.W., Baumgard, L.H., 2019. Heat stress adaptations in pigs. Animal Frontiers 9, 54–61. https://doi.org/10.1093/af/vfy035
4. Mosnier, E., Etienne, M., Ramaekers, P., Père, M.C., 2010. The metabolic status during the peri partum period affects the voluntary feed intake and the metabolism of the lactating multiparous sow. Livest Sci 127, 127–136. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.023
5. NRC, 2012. Nutrients requirements of swine, 12va ed. The National Academies Press, Washington, DC:.

POTENCIAL DE PRESERVACIÓN DE LA CALIDAD ESPERMÁTICA CON LA ADICIÓN DE CAFEÍNA Y ÁCIDO GLUTÁMICO EN SEMEN REFRIGERADO DE CARNEROS.

Guadalupe Calderón-Leyva*[1,2], Arturo Fraire Galindo[1], Oscar Ángel-García[1,3], Alan Sebastián Alvarado Espino[1,2], Dalia I. Carrillo-Moreno[1,2], Viridiana Contreras-Villarreal[1,3], Francisco Gerardo Véliz-Deras[1,3].

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria[1], Departamento de Producción Animal, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: gpecalderon06@gmail.com

Palabras clave: aditivos en semen, criopreservación, reproducción de ovinos.

Introducción

La inseminación artificial de ovejas utiliza principalmente semen fresco debido a que produce mejores resultados, sin embargo, no siempre puede aprovecharse en esta condición debido a la influencia del tiempo efectivo del semen, el estado estral de las ovejas, la distancia a la que se tenga que transportar el semen y la dificultad de realizar la IA post-cervical en esta especie (Ji et al., 2024). Por lo tanto, es necesario centrarse en la conservación refrigerada del semen de ovejas para desarrollar un método de almacenamiento de alta calidad a largo plazo (Silvestre et al., 2021; Ji et al., 2024).

En el proceso de conservación del semen, diversos factores externos, como los cambios en la temperatura de almacenamiento, el pH y el contenido del diluyente, afectan la calidad espermática. Además, con el tiempo de conservación, las actividades metabólicas de los espermatozoides producen una gran cantidad de especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que provoca daños por peroxidación lipídica y posteriores efectos negativos irreversibles en la vitalidad, viabilidad y calidad del esperma (Ji et al., 2024).

Estudios han demostrado que se pueden añadir sustancias antioxidantes exógenas a los diluyentes de semen para reducir el estrés oxidativo, limitar el daño causado por ROS, extender el tiempo de conservación del esperma y mantener la calidad después de la conservación (Silvestre et al., 2021). Dado que los mecanismos de acción de los diferentes antioxidantes no son los mismos, y el grado de respuesta en distintas especies también varía, no existe un antioxidante ideal para la conservación del semen.

El ácido glutámico puede servir como sustrato oxidable en el metabolismo por los espermatozoides, esta función representa un mecanismo antioxidante para proteger las células de radicales libres (Susetyarini, 2015). Por otro lado, la cafeína es estimula la motilidad, la fructólisis y la respiración de los espermatozoides (Špaleková et al., 2014). El objetivo de este estudio fue comparar el potencial de preservación de la calidad espermática de la cafeína y del ácido glutámico en el semen refrigerado de carneros.

Materiales y métodos

El estudio se realizó de febrero a junio, en la posta zootecnica de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila (25.5° LN, 103.3° LO) ubicada a una altitud 1120 m, con temperatura media anual de 22°C y precipitación anual de 225–230 mm.

Se utilizaron un total de 25 eyaculados, obtenidos de tres carneros de la raza Dorper (2-3 años de edad y 3.5 unidades de condición corporal (escala de 1 a 5)), se realizó la extracción seminal dos veces por semana a través de una vagina artificial y en presencia de una oveja en celo. Los eyaculados recolectados por día fueron llevados al laboratorio donde se mezclaron, se pusieron a baño María (37° C) y se analizaron para determinar el volumen, la motilidad masal, la concentración y la viabilidad espermática, posteriormente se colocaron los tres eyaculados en un tubo graduado para mezclarlos y de esta manera evitar el efecto individual del carnero.

Inmediatamente después de mezclarlos, se evaluó el volumen y se evaluaron nuevamente los parámetros espermáticos donde se verifico que la concentración fuera superior a $3500x10^6$ espermatozoides por mL, motilidad masal mayor a 4.5 y la viabilidad mínima de 80%, para realizar el protocolo de dilución con un diluyente comercial (OptiXcell), todo el proceso manteniendo la temperatura de 37 °C, se diluyó el semen hasta obtener una concentración final de $200x10^6$ espermatozoides por mL. Posteriormente se dividió en tres diferentes alícuotas para al azar agregar uno de los siguientes tratamientos por mL de semen diluido, a una parte se le agregaron 4mM/mL de cafeina (CAF); a otra parte se le agregaron 4mM/mL de ácido glutámico (GLUT) y a otra 1 mL de solución salina fisiológica (TEST).

Diez minutos después de añadir los tratamientos las alícuotas identificadas de acuerdo con el tratamiento se refrigeraron a 5°C con una curva de enfriamiento de 0.2-0.3°C/min, se mantuvieron en refrigeración y a las 24 horas se evaluó lo siguiente:
Motilidad Masal, se evaluó utilizando una escala del 1 al 5 (1=25%, 5=100% de espermatozoides móviles), se colocó una gota 10 µL en un portaobjetos para luego visualizar la muestra a través de un microscopio de contraste de fase (10X).
Motilidad Individual (%), en un ependorf se mezclaron 10 µL del semen con el tratamiento y 400 µL de solución salina, se tomaron 10µL con una pipeta y se colocaron en un portaobjetos atemperado a 37°C y se encima de la gota se puso un cubreobjetos para ser observados a través del microscopio (40X).
Viabilidad espermática (%), se colocó una gota del semen con el tratamiento y una gota de tinción de eosina-nigrosina en uno de los extremos de un portaobjetos, se mezclaron y se realizó un barrido, se dejo secar y posteriormente se observaron bajo el microscopio al menos 200 células (40X) para calcular el porcentaje de células vivas (sin teñir) y muertas (teñidas de color rosa).
Integridad de la membrana plasmática (%), se realizó mediante la prueba de hinchazón hipoosmótica (HOST), se añadieron 10 µL del semen con el tratamiento a 100 µL de solución hipoosmótica, se incubaron las muestras a 37 °C durante 40 minutos. Tras el tiempo de incubación, se colocó una muestra de 10 µL en un portaobjetos con cubreobjetos y se observaron 200 espermatozoides los cuales se clasificaron como HOST positivos (con patrón de enrollamiento = membrana intacta), o HOST negativos (sin enrollamiento = membrana dañada), para posteriormente calcular el porcentaje.
Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza utilizando el procedimiento del Modelo Lineal General (PROC GLM). Mientras que, para determinar el efecto del tratamiento, se evaluó mediante la comparación de medias con la prueba de Duncan. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.0 (Inst. Cary, NC, Estados Unidos de América).

Resultados y discusión

Aunque se ha reportado que ambos tratamientos tanto la cafeína como el ácido glutámico tienen un papel importante en la producción de ATP, sirviendo como una fuente de energía para la motilidad del espermatozoide (Susetyarini, 2015 y Pereira et al., 2019), en el presente trabajo de investigación en el tratamiento con cafeina se observó una mayor ($P<0.05$) motilidad espermática individual después de las 24 h de refrigeración (CAF, 55.5±1.6 *vs* GLUT, 50.7±1.7).
De igual manera el CAF mantuvo los porcentajes más altos de viabilidad espermática (58.7±1.5) en comparación con GLUT y TES (53.8±1.5) ($P<0.05$). No se observaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos en la motilidad masal ni en la integridad de la membrana (Cuadro 1). Aunque no se reflejó el efecto del ácido glutámico se ha reportado que nivel testicular ayuda a proteger la membrana plasmática de cualquier daño (Susetyarini, 2015).

Cuadro1. Unidades de motilidad masal, porcentaje de motilidad individual, viabilidad e integridad de la membrana espermática (media±ee) de semen refrigerado por 24 h adicionado con cafeína (CAF), ácido glutámico (GLUT) o con solución salina fisiológica (TEST).

	CAF	GLUT	TEST
Motilidad masal (1-5 unidades)	2.6±0.1[a]	2.4±0.1[a]	2.4±0.1[a]
Motilidad Individual (%)	55.5±1.6[a]	50.7±1.7[b]	52.5±1.6[ab]
Viabilidad (%)	58.7±1.5[a]	55.6±1.3[b]	52.0±1.6[b]
Integridad de la membrana (%)	53.7±1.9[a]	51.8±11.9[a]	49.5±11.4[a]

[a,b=]Literales diferentes dentro de la misma fila indican hay diferencia estadística significativa ($P>0.05$).

Conclusión

En el presente estudio con la adición de cafeína se observaron mejores resultados en la preservación de la motilidad individual y la viabilidad del semen refrigerado de carneros, con los resultados obtenidos en la presente investigación no se pudieron corroborar bondades del ácido glutámico como antioxidante y su función como fuente energética para la motilidad del espermatozoide como se mencionan en otros trabajos de investigación, se recomienda realizar más estudios al respecto debido a que la concentración se considera que pudo no ser la adecuada para poder observar un efecto significativo.

.

Referencias bibliográficas

1. Ji, K., Wei, J., Fan, Z., Zhu, M., Yuan, X., Zhang, S., Li, S., Xu, H., & Ling, Y. (2024). Preservative Effects of Curcumin on Semen of Hu Sheep. *Animals*, *14*(6), 947.
2. Pereira, B.A., Rocha, L.G.P., Teles, M.C., Silva, W.E., Barbosa, J.A., Rabelo, S.S., Uchoa A.S., Rodrıguez-Gil, J. E., Pereira, L.J., Zangeronimo, M.G. (2019). Addition of chlorogenic acid and caffeine during the processing of cooled boar semen. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.,* 71, (2), 489-499.
3. Silvestre, M.A., Yániz, J.L., Peña, F.J., Santolaria, P., & Castelló-Ruiz, M. (2021). Role of Antioxidants in Cooled Liquid Storage of Mammal Spermatozoa. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, *10* (7), 1096.
4. Špaleková, E., Makarevich, A.V., Kubovičová, E., Ostró, A., Chrenek, P. (2014) Effect of caffeine on functions of cooling-stored ram sperm in vitro. *Acta Veterinaria Brno,* 83, 019-025.
5. Susetyarini, R. (2015). The Level Of Glutamic Acid In The Semen Of Male White Rat (Ratus Norwegicus) After Being Treated With Tannin Of Pluchea Indica. *Procedia Chemistry,* 14, 152-156.

.

PORCENTAJE E INICIO DEL ESTRO EN OVEJAS DE PELO TRATADAS CON DOS RECONSTITUYENTES METABÓLICOS COMERCIALES.

José Antonio Hernández-Marín[1]*, Abner Josué Gutiérrez-Chávez[1], Griselda Maki-Díaz[2], Francisco Antonio Cigarroa-Vázquez[3], Silvia Fraire-Cordero[4]

[1]Departamento de Veterinaria y Zootecnia, DICIVA, Universidad de Guanajuato; [2]Departamento de arte y Empresa, DICIS, Universidad de Guanajuato; [3]Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa, Universidad Autónoma de Chiapas; [4]SECIHTI-COLPOS, Campus Campeche

*Autor para correspondencia: jahmarin@ugto.mx

Palabras clave: aminoácidos neuroestimuladores, sincronización del estro, manejo reproductivo.

Introducción

La sincronización del estro es un importante factor reproductivo el cual se describe como el control artificial del ciclo estral o la inducción del estro, para que una gran cantidad de hembras manifiesten estro en un tiempo corto y determinado. Su importancia en la producción de ovinos se basa en mejorar la eficiencia productiva y reproductiva del rebaño acortando el intervalo de estros y aumentando la tasa de gestación. Durante las últimas dos décadas, los protocolos de sincronización del estro en ovejas mayormente utilizados se basan en progestágenos (P_4), principalmente en la presentación de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR). Por otro lado, las prostaglandinas (PGF2α) son eficaces para sincronizar el estro de manera exitosa pero sólo durante la época reproductiva, con la finalidad de lisar el cuerpo lúteo (CL) cuando es receptivo a la PGF2α (Arya *et al*., 2023).

Con respecto al manejo nutricional en ovejas, se ha reportado que la acción de las señales metabólicas estimula el desarrollo de los folículos ováricos, lo que incrementa la tasa ovulatoria y, en consecuencia, la tasa de gestación. Se ha reportado que el uso de aminoácidos puede ser una estrategia nutricional que mejore la fertilidad y promueva la eficiencia reproductiva en la producción de rumiantes, debido a que la actividad neuronal regula los cambios neuroendocrinos y hormonales durante el ciclo estral mediante la participación de diversos aminoácidos que actúan como neurotransmisores (Cao *et al*., 2021).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta fisiológica de dos reconstituyentes metabólicos comerciales en el porcentaje e inicio del estro en ovejas de pelo sincronizadas con un progestágeno y prostaglandinas.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se desarrolló en 2019, al inicio de la época reproductiva (octubre-noviembre) en una unidad de producción ovina en Celaya, Guanajuato, México; localizada a 20°34’52.6” N y 100°49’47.3” O, a una altitud de 1768 m. Se utilizaron 45 ovejas de pelo de mismo número de partos, sin crías y vacías, con edad de 3.5±1.5 años, 52.86±1.19 kg de peso al inicio del experimento, con condición corporal de 2.5 en escala de 1 a 5 unidades. La fase experimental se realizó de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-024-ZOO-1995 (SAGARPA 1995) y NOM-051-ZOO-1995 (SAGARPA 1995).

Protocolo de manejo reproductivo

Se utilizó un protocolo de 11 días con un CIDR (progestágeno, P_4: 0.03 g) en todas las ovejas donde, dos días previos al retiro del CIDR, se aplicó vía intramuscular 1 mL de PGF2α (5 mg de dinoprost; Registro SAGARPA: Q-1196-408) para lisar algún CL presente. Las ovejas se asignaron al azar a uno de tres tratamientos: T1 (n= 15), TESTIGO, 50 mL de suero fisiológico vía subcutánea (SC) para igualar las condiciones experimentales de los demás tratamientos; T2 (n=15), RECMET1, 50 mL de un reconstituyente metabólico compuesto de dextrosa, vitaminas, aminoácidos neuroexcitadores y electrolitos (Amino-Lite®; Registro SAGARPA: Q-0171-005) vía SC; y T3 (n=15), RECMET2, 50 mL de un reconstituyente metabólico compuesto de aminoácidos neuroexcitadores, electrolitos y vitamina B12 (Aminotonic®; Registro SAGARPA: Q-0104-124) vía SC. Los dos reconstituyentes se aplicaron vía SC una vez por día durante los últimos cinco días antes del retiro del CIDR. Al retiro de los CIDR, se introdujo uno de tres carneros celadores (adultos, experimentados, evaluados previamente) provistos de un mandil, y en ese momento se

consideró como la hora 0, así el carnero se introdujo cada 6 horas para la detección del estro en las ovejas, permaneció con ellas por 60 minutos, lo cual se realizó durante 120 horas. Los carneros se sustituyeron cada 40 h de la detección del estro.

Análisis de los datos

La respuesta al estro (RE) se expresó en % y el inicio del estro (IE) en h. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (Versión 9.4). Se realizó la prueba de Shapiro Wilk para evaluar normalidad, así la RE y el IE se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis, y se realizaron comparaciones post hoc por el método de Bonferroni. Se utilizó un nivel al 95% de confianza.

Resultados y discusión

El efecto de los tratamientos fue diferente ($p < 0.05$) para la respuesta al estro en ovejas. La respuesta del RECMET2 fue similar ($p > 0.05$) a la del RECMET1, pero mayor ($p < 0.05$) que la del tratamiento TESTIGO (**Cuadro 1**). Todas las ovejas tratadas con RECMET2 presentaron estro, y se observó 46.67% mayor respuesta con respecto a las del tratamiento TESTIGO; por lo que se sugiere incluir el RECMET2 en los protocolos de sincronización del estro con duración de 11 d, con un progestágeno y prostaglandinas en ovejas.

El efecto de los tratamientos fue diferente ($p < 0.05$) para el inicio del estro. La respuesta del RECMET2 fue menor ($p < 0.05$) que la del RECMET1, y ambos fueron inferiores ($p < 0.05$) a la del tratamiento TESTIGO (**Cuadro 1**). El estro de las ovejas que no recibieron tratamiento con algún reconstituyente metabólico se prolongó alrededor de 5.18 horas más en comparación con aquellas tratadas con el RECMET1, y 7.67 horas más en comparación con aquellas tratadas con el RECMET2; por lo que se sugiere incluir algún reconstituyente metabólico comercial en los protocolos de sincronización del estro con duración de 11 d, con un progestágeno y prostaglandinas en ovejas.

Cuadro 1. Respuesta al estro en ovejas de pelo tratadas con dos reconstituyentes metabólicos durante los últimos 5 d de la sincronización del estro.

Tratamientos	n	Ovejas en estro		Inicio del estro (h)
		n	%	
Testigo	15	8	53.33±13.33^{b}	38.14±0.29^{a}
RECMET1	15	12	80.00±10.69^{ba}	32.96±0.24^{b}
RECMET2	15	15	100.00±0.0^{a}	30.47±0.31^{c}
P-value			0.0095	0.0001

$^{a, b, c}$: Valores con distinta literal en la misma columna son diferentes ($p < 0.05$).

Se sabe que, en ovejas, los protocolos más utilizados para la sincronización del estro a base de P_4 comprenden de 3 hasta 14 días de duración y que la acción de las PGF2α solo responderá durante la época reproductiva debido a la actividad fisiológica de al menos un cuerpo lúteo (CL). Sin embargo, como transferencia de tecnología, la sincronización del estro debe resultar en un manejo reproductivo económico, rentable y eficiente; por lo tanto, se deben incluir estrategias de manejo nutricional durante el manejo reproductivo para garantizar el éxito en el protocolo de la sincronización del estro en ovejas (Arya *et al*. 2023).

En este sentido, es posible que, la acción de la energía, las vitaminas, y los aminoácidos contenidos en el reconstituyente metabólico, favorecieron la comunicación endocrina hipotálamica-adenohipofisiaria y respondió completamente a nivel ovárico; debido a que los eventos reproductivos pueden ser alterados mediante la suplementación de ciertos compuestos, energéticos o proteicos, en rutas neuroendocrinas dependientes de hormonas metabólicas o de los niveles circulantes de gonadotropinas (Meza-Herrera *et al*., 2014).

Se ha reportado que el principal neurotransmisor que promueve la actividad neuroendocrina durante la reproducción en los mamíferos es el glutamato (Chiang y Park, 2020). Lo anterior, se observó en la reducción de 7.67 h de la duración del estro en las ovejas tratadas con el segundo reconstituyente metabólico (RECMET2) con respecto a aquellas ovejas de los demás tratamientos, en el presente estudio.

Es posible que el mayor contenido de aminoácidos neuroestimuladores como glutamato, arginina y aspartato presentes en el RECMET2 hayan generado esta respuesta favorable. Por lo anterior, los resultados sugieren que RECMET2 pudiera utilizarse como alternativa de suplementación nutricional que ayude a estimular la actividad hormonal del eje reproductivo durante la sincronización del estro con progestágeno y prostaglandinas. Debido a que, la secreción de la GnRH es estimulada por el glutamato y este mismo es regulado por P_4 y E_2, que, dependiendo de la fase del ciclo estral influirá en la liberación de la FSH o los pulsos de la LH (Barth *et al*. 2015).

Aun con estos hallazgos, se requiere realizar mayor investigación de este aminoácido en relación con hormonas metabólicas y reproductivas, que participan directamente en la actividad folicular ovárica para regular la respuesta, el inicio y la duración del estro en ovejas. Por otro lado, es importante evaluar las dietas con diferentes fuentes energéticas sin afectar el manejo reproductivo; por tanto, un reconstituyente metabólico comercial puede ejercer un efecto positivo sobre la respuesta reproductiva en ovejas, a su vez, representa un complemento nutricional eficaz.

Por lo anterior, en la presente investigación la respuesta del protocolo hormonal influyó directamente en el comportamiento reproductivo de las ovejas, lo cual resultó de la interacción entre el sistema nervioso central y el eje reproductivo mediante la acción de las hormonas de la reproducción, los receptores, y el glutamato, el cual es el principal neurotransmisor excitador (Chiang y Park, 2020).

Finalmente, se debe considerar que el conocimiento de la acción de los metabolitos energéticos y proteínicos, así como de los aminoácidos neuroexcitadores, generan opciones de manejo de manera técnica y económica, capaces de incrementar la eficiencia reproductiva de un rebaño, con la ventaja de controlar los eventos reproductivos a partir de métodos naturales no hormonales, basados en la fisiología reproductiva y de la nutrición.

Conclusiones

En los protocolos hormonales para la sincronización del estro con duración de 11 d en ovejas, a base de un progestágeno (CIDR) y prostaglandinas (PGF2α), la aplicación de un reconstituyente metabólico comercial mejora la respuesta al estro y reduce su duración.

Agradecimientos

A la Universidad de Guanajuato, por el financiamiento otorgado para la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

1. Arya D, Goswami R, Sharma M (2023) Estrous synchronization in cattle, sheep and goat. Multidisciplinary Reviews 6: e2023001. https://doi.org/10.31893/multirev.2023001
2. Barth C, Villringer A, Sacher J (2015) Sex hormones affect neurotransmitters and shape the adult female brain during hormonal transition periods. Frontiers in Neuroscience 9(37): 1-20. https://doi.org/10.3389%2Ffnins.2015.00037
3. Cao Y, Yao J, Sun X, Liu S, Martin GB (2021) Amino acids in the nutrition and production of sheep and goats. In: Wu G (eds) Amino Acids in Nutrition and Health. Advances in Experimental Medicine and Biology 1285: 63-79. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_5
4. Chiang VSC, Park JH (2020) Glutamate in male and female sexual behavior: receptors, transporters, and steroid independence. Frontiers in Behavioral Neuroscience 14: 589882. http://dx.doi.org/10.3389/fnbeh.2020.589882
5. Meza-Herrera CA, González-Velázquez A, Veliz-Deras FG, Rodríguez-Martínez R, Arellano-Rodríguez G, Serradilla JM, García-Martínez A, Avendaño-Reyes L, Macías-Cruz U (2014) Short-term glutamate administration positively affects the number of antral follicles and the ovulation rate in cyclic adult goats. Reproductive Biology 14(4): 298-301. https://doi.org/10.1016/j.repbio.2014.05.001

.

EFECTO DE LA HORMONA LUTEINIZANTE EN CÉLULAS DE LA TECA DE BOVINO: PERFIL PROTEOMICO.

Zaire Belen Medina-Moctezuma[1], Cyndi Gabriela Hernández-Coronado[2], Adrián Guzmán-Sánchez[2], David González-Aretia[1] Carlos G Gutiérrez[3], Carrasco-Navarro Ulises[4], Ana María Rosales-Torres[2]*.

[1]Estudiante de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México. [2]Departamento Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Ciudad de México, México. [3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. [4]Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: anamexico@gmail.com

Palabras clave. Proteómica, células de la teca, bovino, hormona luteinizante, metabolismo celular.

Introducción:

La hormona luteinizante y la hormona folículo-estimulante, respectivamente son las principales hormonas que regulan la proliferación, sobrevivencia y la esteroidogénesis de las células foliculares, durante el desarrollo de folículos antrales. Para esto, la LH, en células de la teca se une un receptor acoplado a proteína Gs o cual ocasiona la activación de la subunidad α de la proteína Gs y a su vez, la activación del adenilato ciclasa, la síntesis de adenosín monofosfato cíclico (AMPc) y la activación de la proteína cinasa A (PKA; Choi & Smitz, 2014). En células de la teca, la PKA activa se encarga de fosforilar y activar a las proteínas necesarias para la síntesis de los andrógenos (Shoham et al., 1993). Adicionalmente, PKA puede activar por fosforilación proteínas cinasas activadas por mitógenos (MAP cinasas, ERK1 y ERK2), así como aquellas implicadas en la vía IP3K/PKC para favorecer la sobrevivencia y proliferación celular. Estudios recientes en células de foliculares han demostrado que tanto FSH como LH inducen la síntesis de esfingosina-1-fosfato (S1P) la cual es necesaria para que estas gonadotropinas induzcan algunos de sus efectos biológicos (Guzmán et al., 2024), sin embargo, el mecanismo molecular por el cual la S1P media los efectos de las gonadotropinas en células foliculares, no ha sido esclarecido.

Los estudios proteómicos en modelos animales de interés productivo han generado un gran desafío, pero representan una oportunidad de conocer con mayor detalle los procesos celulares y moleculares involucrados en los diferentes proceses biológicos. En bovinos, se ha analizado el perfil proteómico de células de la granulosa de folículos dominantes (FD) y subordinados (FS), donde se caracterizaron un total de 3409 proteínas presentes en ambos estadios de folículos. Las proteínas expresadas diferencialmente se clasificaron en 31 procesos biológicos, tales como, la vía de señalización de estrógenos, meiosis de ovocitos, la maduración de ovocitos mediada por progesterona, la vía de señalización de insulina, la vía de señalización de apoptosis, la vía de señalización de FOXO, la vía de señalización p53, entre otros (Hao et al., 2019).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue identificar el perfil proteómico de células de la teca de bovino estimuladas con LH e identificar los principales procesos celulares en los que se encuentran implicada esta gonadotropina.

Materiales y métodos

Se realizaron cultivos de células de la teca de bovinas, los cuales fueron tratados con 0 o 0,1 ng/mL de LH durante 96 de horas. Al término del cultivo, las células se lisaron y la extracción de proteínas se realizó según el protocolo TCA/Acetona. Posteriormente, se evaluó la integridad de la proteína y se liofilizó. El extracto proteico se envió al Instituto de Investigación Clínica de Montreal para su análisis por espectrometría de masas mediante un espectrómetro de masas trihíbrido con la técnica Label Free para obtener el proteoma de las células de la teca estimuladas o no con LH. Los datos se analizaron en el software Scaffold con el motor Mascot, comparando las células del grupo control con las células tratadas con 0.1 ng/mL de LH, utilizando la prueba T para el análisis estadístico ($P < 0.1$). El análisis GO de las proteínas con expresión diferencial se realizó utilizando la base de datos Protein Analysis Through Evolutionary Relations (PANTHER).

.

Resultados y discusión

La comparación de ambas condiciones arrojo un total de 5,741 proteínas. De estas proteínas, 496 se encontraron en el grupo control, 323 en células tratadas con LH y 4,922 en ambas condiciones (Figura 1A). De las proteínas presentes en ambas condiciones de estudio, solo 71 proteínas se expresaron diferencialmente (P < 0.1). De estas proteínas, 17 se expresaron a la baja, mientras que 54 se expresaron a la alta células de la teca tras ser estimuladas con 0.1 ng/mL de LH (Figura 1B).

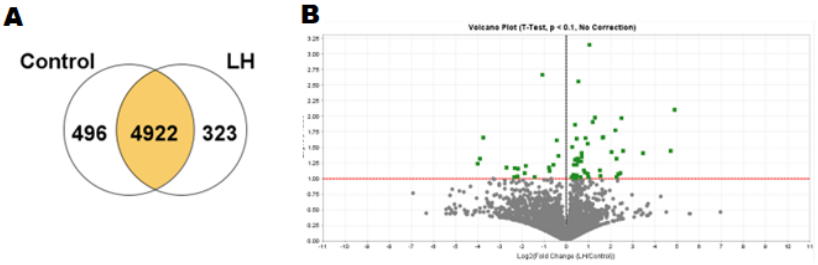


Figura 1. Proteoma de células de la teca de bovino en cultivo tratadas con 0 vs 0.1 ng/mL de LH por 96 horas. A) Proteínas expresadas diferencialmente entre tratamientos: Grupo control (semicírculo en blanco izquierdo), células tratadas con 0.1 ng/mL de LH (semicírculo en blanco derecho), proteínas expresadas en ambas condiciones experimentales (ovalo amarillo). B) Expresión diferencial de las proteínas expresadas en ambas condiciones experimentales. Los recuadros en verde muestran a las proteínas reguladas al alta (panel superior derecho) o a la baja (panel superior izquierdo), mientras que los recuadros grises muestran aquellas proteínas sin cambios en su expresión entre los dos grupos experimentales.

Las proteínas expresadas a la baja estuvieron asociadas a siete procesos biológicos, que incluyeron la comunicación celular, la adhesión celular, la localización celular, respuesta celular a estímulos, la transducción de señales, la organización o biogénesis de los componentes celulares y proceso metabólico celular (Figura 2).

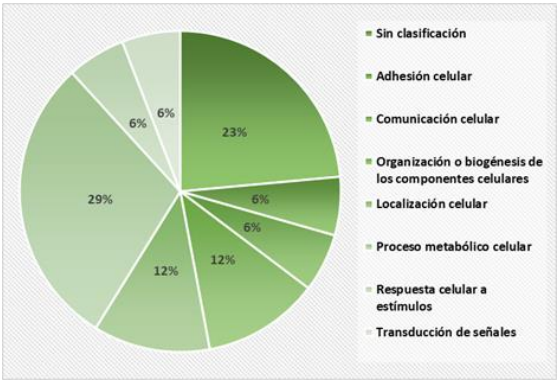


Figura 2. Las proteínas expresadas diferencialmente a la baja fueron analizadas en el programa PANTHER y clasificadas en siete procesos biológicos.

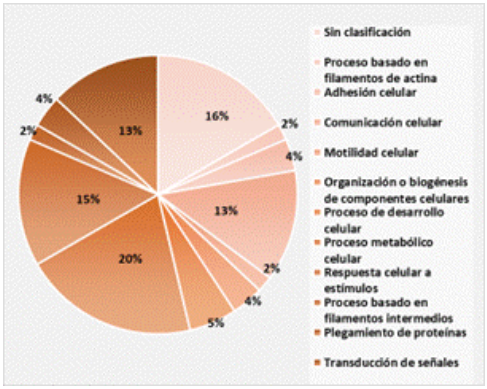


Figura 3. Las proteínas expresadas diferencialmente al alta fueron analizadas en el programa PANTHER, las cuales clasificadas en 11 procesos biológicos.

Por otro lado, las 54 proteínas reguladas a la alta tras el tratamiento con 0.1 ng/mL de LH, fueron clasificadas en 11 procesos biológicos, que incluyen; proceso basado en filamentos de actina, proceso basado en filamentos intermedios, adhesión celular, comunicación celular, motilidad celular, organización o biogénesis de componentes celulares, proceso de desarrollo celular, proceso metabólico celular, respuesta celular a estímulos, plegamiento de proteínas y transducción de señales (Figura 3).

Finalmente, analizando las proteínas expresadas a la alta y a la baja, se observó que tras el tratamiento con 0.1 ng/mL de LH las células de la teca regula principalmente, seis procesos celulares: la adhesión celular, la comunicación celular, la organización o biogénesis de componentes celulares, el metabolismo celular, la respuesta celular a estímulos y la transducción de señales (Cuadro 1). Mientras que solo dos proteínas reguladas a la baja por LH están relacionadas con la localización celular y de las proteínas reguladas al alta, dos proteínas están relacionadas con procesos basados en filamentos de actina e intermedios, una proteína fue relacionada a la motilidad celular, tres proteínas a procesos de desarrollo celular y dos más al plegamiento de proteínas (Cuadro 1).

Proceso Biológico	Proteínas expresadas diferencialmente			
	ALTA		BAJA	
	Número	%	Número	%
Sin clasificación	9	16.67	4	23.53
Proceso basado en filamentos de actina	1	1.85		
Adhesión celular	2	3.70	1	5.88
Comunicación celular	7	12.96	1	5.88
Motilidad celular	1	1.85		
Organización o biogénesis de componentes celulares	2	3.70	2	11.76
Proceso de desarrollo celular	3	5.56		
Proceso metabólico celular	11	20.37	5	29.41
Respuesta celular a estímulos	8	14.81	1	5.88
Proceso basado en filamentos intermedios	1	1.85		
Plegamiento de proteínas	2	3.70		
Transducción de señales	7	12.96	1	5.88
Localización celular			2	11.76
Total	54	100	17	100

Cuadro 1. Número de proteínas y porcentaje expresadas diferencialmente en células de la teca de bovino estimuladas con 0.1 ng/mL de LH, clasificadas con base a los procesos biológicos en los que participan

Conclusiones: El presente trabajo nos permite comprender a nivel proteómico los procesos celulares que desencadena LH en las células de la teca, destacando así la importancia de esta gonadotropina en la funcionalidad de estas células durante el desarrollo folicular

Fuente financiadora: Este proyecto fue financiado por CONACYT mediante el proyecto A1-S-21990 así como al financiamiento otorgado al proyecto registrado en área de investigación EPA/DPAA en UAM-X.

Referencias bibliográficas

1. Choi, J., & Smitz, J. (2014). Luteinizing hormone and human chorionic gonadotropin: distinguishing unique physiologic roles. Gynecological endocrinology : the official journal of the International Society of Gynecological Endocrinology, 30(3), 174–181. https://doi.org/10.3109/09513590.2013.859670.
2. Shoham, Z., Mannaerts, B., Insler, V., & Coelingh-Bennink, H. (1993). Induction of follicular growth using recombinant human follicle-stimulating hormone in two volunteer women with hypogonadotropic hypogonadism. *Fertility and sterility*, *59*(4), 738-742.
3. Guzmán, A., Rosales-Torres, A. M., Medina-Moctezuma, Z. B., González-Aretia, D., & Hernández-Coronado, C. G. (2024). Effects and action mechanism of gonadotropins on ovarian follicular cells: A novel role of Sphingosine-1-Phosphate (S1P). A review. *General and comparative endocrinology*, *357*, 114593. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2024.114593.
4. Hao, Q., Zhu, Z., Xu, D., Liu, W., Lyu, L., & Li, P. (2019). Proteomic characterization of bovine granulosa cells in dominant and subordinate follicles. *Hereditas*, *156*, 1-9.

.

PAPEL DE LA DE ESFINGOSINA-1-FOSFATO (S1P) EN LA SEÑALIZACIÓN DE LA HORMONA FOLICULO ESTIMULANTE (FSH) EN CELULAS DE LA GRANULOSA DE BOVINO.

David González-Aretia[1], Cyndi Gabriela Hernández-Coronado[2], Adrián Guzmán[2], Zaire Belen Medina-Moctezuma[1], Ulises Carrasco-Navarro, Francisco José Fernández-Perrino[3], Ana María Rosales-Torres[2*].

[1].Estudiante de Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.
[2].Departamento Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Ciudad de México, México.
[3]. Departamento de Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: anamexico@gmail.com

Palabras clave: FSH, S1P, células de la granulosa, señalización celular, bovino.

Introducción

La hormona folículo estimulante (FSH) desempeña un papel central en el desarrollo de folículos antrales en bovinos y otros mamíferos. La FSH al unirse a su receptor acoplado a proteína G, estimula la activación de la enzima adenilato ciclasa (AC) que cataliza la conversión de ATP en AMP cíclico para activar la proteína cinasa A (PKA; Casarini & Crépieux, 2019). Por su parte, la PKA se encarga de activar diversas vías de señalización incluyendo la vía de las cinasas activadas por mitógenos (MAPK) y la del fosfatidilinositol 3 quinasa (IP3K) para promover la proliferación, supervivencia, diferenciación y síntesis de estradiol en células de la granulosa (Walker & Cheng, 2005; Cocco et al., 2014). Aunque esta es la vía de señalización más estudiada de la FSH, recientemente se ha propuesto que la esfingosina-1-fosfato (S1P) es un importante mediador de los efectos de FSH en células de la granulosa (Hernandez-Coronado et al., 2016; González-Aretia et al. 2024). Específicamente, se ha demostraron que la S1P se encuentra en mayor concentración en folículos sanos que en folículos en proceso de atresia (Hernández-Coronado, et al., 2015) y que la FSH estimula la síntesis de S1P al activar a la enzima esfingosina cinasa 1 (SK1) vía PKC principalmente y que este esfingolípido media los efectos de viabilidad, pero no de esteroidogénesis de FSH en las células de la granulosa (González-Aretia et al.2024). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue investigar el papel de la S1P en la vía de señalización de FSH en células de la granulosa de bovino en cultivo

Materiales y métodos

Se colectaron ovarios de vacas Holstein, sacrificadas en un rastro particular. Se obtuvieron folículos de 4-7 mm de diámetro y se realizó un raspado suave de la pared para separar las células de la granulosa para realizar un “pool” de células usando de 15 a 20 folículos. Para los cultivos, se sembraron 600,000 células de la granulosa/pozo sobre placas de 4 pozos en medio suplementado McCoy´s 5a modificado en una atmosfera de 5% de CO2 a 37 °C y 90% de humedad con un periodo de estabilización de 24 horas y un recambio y adición de tratamientos por 48 horas. Se realizaron 4 cultivos de células de la granulosa de bovino utilizando los siguientes tratamientos: Control, FSH (1 ng/mL), FSH + 1 µM de PF543 (inhibidor de SK1). De cada placa, se realizó un “pool” de todas las células y se realizó extracción de proteínas mediante el método TCA/acetona. Para esto, las células fueron sometidas a un buffer de lisis que contenía 50 mM Tris-HCL, 6 M urea y 5 mM DTT, con un pH de 7.4 y un coctel de inhibidores de proteasas y fosfatasas. Posteriormente fueron homogeneizadas de forma mecánica hasta obtener una muestra homogénea. A continuación, las muestras fueron puestas en un sonicador (Branson Ultrasonics) durante 5 minutos y el extracto proteico se clarificó por centrifugación a 10,000 rpm durante 20 min. Al término del centrifugado, las proteínas se precipitaron a -20°C durante toda la noche con una solución al 20% de ácido tricloroacético (TCA) en acetona y 0.14% de DTT. El precipitado final se lavó dos veces con acetona al 100% seguido de un lavado con una solución al 80% de acetona para finalmente solubilizarlas en un buffer que contenía 50 mM Tris HCl, 6 M Urea, (pH 8). La concentración final de proteínas se determinó por el método de Bradford, utilizando albumina como estándar. Para comprobar la integridad de las proteínas extraídas, se realizó un gel SDS-PAGE utilizando 30 a 60 µg de proteína, donde observaron bandas claras. Las muestras fueron liofilizadas y enviadas al Institut de Recherches Cliniques de Montreal (IRCM) para un análisis cuantitativo

por medio de espectrometría de masas libre de etiquetas. Los datos obtenidos por la técnica de proteómica fueron analizados con ayuda del programa Scaffold para la identificación de las proteínas de interés con el motor de Mascot. Para el análisis cuantitativo se realizó una prueba T de Student para el análisis de medias entre dos grupos (Control / FSH y FSH / PF1+FSH) usando un nivel de significancia de p<0.1 y Fold Change por categoría tomando como referencia al Control y FSH respectivamente, además, como método cuantitativo se utilizó la herramienta IBAQ (Cuantificación absoluta basada en intensidad).

Resultados y discusión

En los resultados obtenidos en el presente trabajo obtuvimos un total de 7153 proteínas expresadas todos los tratamientos. En la comparación hecha entre el grupo control y FSH (Figura 1A; puntos negros) se mostraron 67 proteínas que tuvieron un cambio significativo (P<0.1) en respuesta a FSH, de las cuales 21 proteínas están reguladas a la baja, mientras que 46 proteínas fueron reguladas a la alta. Cuando se realizó la comparación entre el tratamiento FSH y el tratamiento con FSH más PF-543 (1 µM; Figura 1A; puntos rojos) se observó que 65 proteínas mostraron cambios significativos (P<0.1), con 41 proteínas que redujeron su expresión y 24 proteínas que incrementaron su expresión.

Se realizó un diagrama de Venn (Figura 1B) para determinar que proteínas cambiaron significativamente en ambas comparaciones (Control vs FSH y FSH vs FSH+PF-543). Los resultados muestran que del total de proteínas que tuvieron cambios significativos en ambas comparaciones, solo 10 proteínas coinciden como; Gen expresado paternalmente 10 (PEG10), proteína con motivo de unión a ARN 26 (RBM26), subunidad del complejo integrador 9 (INTS9), talín 2 (TLN2), interactor del receptor de hormona tiroidea 10 (TRIP10), calponina 2 (CNN2), proteína ribosómica mitocondrial S17 (MRPS17), proteína 1 de maduración inducida por linfocitos B (BLIMP-1), subunidad reguladora 9A de la proteína fosfatasa 1 (PPP1R9A) y cap metiltransferasa 2 (CMTR2).

Se tomaron en cuenta las proteínas que se mostraban una expresión diferente entre los grupos en donde se observó que la proteína PEG10 se redujo más cuando se le adicionó PF-543 respecto al grupo de Control/FSH (Figura 1C). El PEG10 es una proteína fuertemente expresada en placenta, testículos y ovarios capaz de funcionar como un factor de transcripción, sin embargo, se desconoce su función en células de la granulosa. En células trofoblásticas de humano, el PEG10 favorece la proliferación y diferenciación celular, mientras que en línea celular L02 de hígado humano regulo negativamente la apoptosis (Liu et al., 2009; Tang et al., 2017). Estos resultados sugieren que S1P es necesaria para regular la expresión de PEG10 en respuesta a FSH, probablemente para favorecer la proliferación y sobrevivencia de células de la granulosa de bovino.

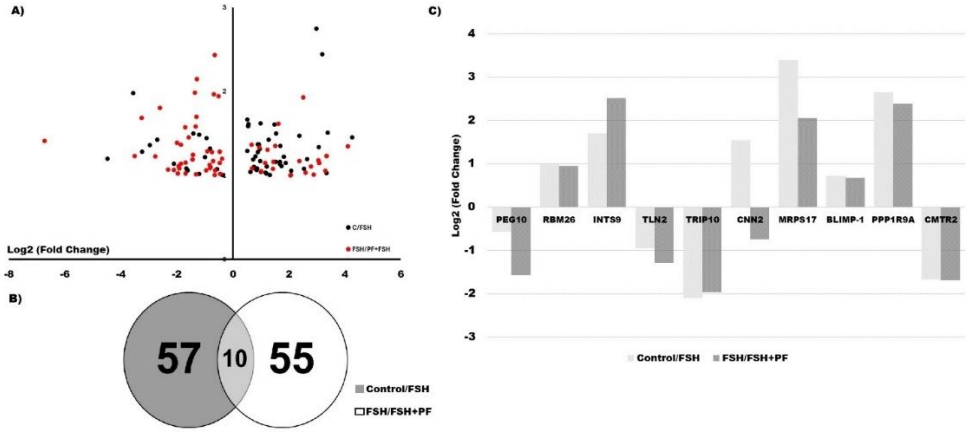


Figura 1. Efecto de FSH y del inhibidor de la síntesis de S1P (PF-543) sobre la expresión de proteínas en células de la granulosa de bovino. A) Proteínas expresadas a la alta y a la baja con un valor de significancia de P<0.1. Puntos negros: C/FSH; puntos rojos: FSH/FSH+PF543. B) Diagrama de Venn que representa el número de proteínas que comparten los dos grupos. Gris fuerte: grupo C/FSH, blanco: FSH/FSH+PF543 y gris claro: proteínas compartidas. C) Veces de cambio (Fold Change) de cada proteína compartida entre grupos. C: Control, PF: PF-543

Cuando se analizó la expresión de CNN2, se determinó que cuando se adiciona FSH al medio de cultivo la proteína aumenta su expresión, pero al inhibir la síntesis de S1P disminuye (Figura 1C). La proteína CNN2 se expresa principalmente en células de musculo liso, sin embargo, se ha reportado su expresión en células de la granulosa en donde puede regular la dinámica del citoesqueleto y la conexión con las células vecinas, promoviendo así efectos como la migración y la proliferación de las células (Hsieh & Jin 2024). Debido a la disminución en la expresión de CNN2 al adicionar PF-543 e inhibir así la síntesis de

S1P, es probable que S1P participa en la función del citoesqueleto, regulación de la migración y proliferación de células de la granulosa de bovino regulando la expresión de CNN2.
De manera similar, la adición de FSH a las células de la granulosa favoreció la expresión de MRPS17, mientras que al inhibir SK1 la proteína disminuyó en un 64.9% (Figura 1C). La MRPS17 pertenece a la familia de proteínas ribosómicas, relacionada con el sistema de traducción mitocondrial. En células de cáncer gástrico la presencia de MRPS17 reguló positivamente la expresión de genes involucrados en procesos como adhesión celular y la proliferación favoreciendo la invasión de las células cancerígenas a través de la vía PI3K/AKT (Zhou et al., 2021). Entonces, es probable que S1P esté mediando algunos aspectos mitocondriales, así como proliferativos de células de la granulosa vía también MRPS17.
Finalmente, la proteína INTS9 incrementó su expresión al adicionar FSH, pero este incremento fue mayor al inhibir la síntesis de S1P. (Figura 1C). La INTS9 es un componente del complejo integrador que participa en el ciclo celular en el procesamiento de ARN durante la interfase (Jodoin et al., 2013). Al igual que la proteína PEG10, el papel de INTS9 en células de la granulosa no se ha descrito hasta el momento, pero se ha estudiado en células cancerígenas de glioma que INTS9 está vinculado a genes que participan en la proliferación celular principalmente de la vía E2F (Lin et al., 2023). Esto resultados contradicen la importancia de S1P como regulador de la proliferación de las células de la granulosa, por lo que hay que realizar más estudios para dilucidar el papel de INTS9 en este tipo celular.

Conclusión

En conclusión, nuestros resultados muestran que S1P puede actuar como mediador de algunos efectos como proliferación, sobrevivencia y migración en respuesta a FSH al regular la expresión de las proteínas PEG10, CNN2 y MRPS17 en cultivo de células de la granulosa de bovino.

Referencias bibliográficas

1. Casarini, L., & Crépieux, P. (2019). Molecular Mechanisms of Action of FSH. Frontiers in endocrinology, 10, 305. https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00305.
2. González-Aretia, D., Hernández-Coronado, C. G., Guzmán, A., Medina-Moctezuma, Z. B., Gutiérrez, C. G., & Rosales-Torres, A. M. (2024). Sphingosine-1-phosphate mediates FSH-induced cell viability but not steroidogenesis in bovine granulosa cells. Theriogenology, 213, 90–96. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.10.003.
3. Hernández-Coronado, C. G., Guzmán, A., Rodríguez, A., Mondragón, J. A., Romano, M. C., Gutiérrez, C. G., & Rosales-Torres, A. M. (2016). Sphingosine-1-phosphate, regulated by FSH and VEGF, stimulates granulosa cell proliferation. General and comparative endocrinology, 236, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.06.029.
4. Hsieh, T. B., & Jin, J. P. (2024). Loss of Calponin 2 causes premature ovarian insufficiency in mice. Journal of ovarian research, 17(1), 37. https://doi.org/10.1186/s13048-024-01346-y.
5. Tang, L., He, G., Liu, X., & Xu, W. (2017). Progress in the understanding of the etiology and predictability of fetal growth restriction. Reproduction, 153(6), R227-R240. Retrieved Jun 24, 2024, from https://doi.org/10.1530/REP-16-0287

SECCIÓN 4
Forrajes y pastizales



"PASTIZAL DE *Bouteloua gracilis*" / *Edith Ramírez Segura*

PRODUCCIÓN ANUAL Y DENSIDAD DE POBLACIÓN DE NOPAL FORRAJERO (*Opuntia ficus-indica*) VARIEDAD COPENA 1 EN UNA HUERTA DE TEMPORAL.

J. Encarnación García-Portuguez[1]*, Saturnino Duarte-Ramos[1].

[1]DGETAyCM. CBTa. No. 105. Km. 12. Carretera Federal 090. La Piedad-Pénjamo. La Estrella. Pénjamo. Gto. México. CP. 36933.

*Autor para correspondencia: carneshon@hotmail.com

Palabras clave: nopal forrajero-huerta-temporal.

Introducción

El nopal es una planta perenne perteneciente a la familia cactácea originaria de México, se encuentra distribuida a lo largo del continente americano especialmente en lugares desérticos, generando gran variabilidad genética y posibilidades de adaptabilidad (Flores y García, 2003). Actualmente el cambio climático es uno de los más grandes retos que el mundo debe enfrentar y en el futuro las sequias prolongadas, altas temperaturas, suelos pobres y la desertificación son los temas entre otros que atenderán muchos países, especialmente aquellos donde los campesinos pobres y pequeños productores serán severamente afectados. Las cactáceas están siendo de creciente interés y en particular el nopal (*Opuntia ficus-indica*) debido a sus características únicas, las cuales lo proveen de resiliencia a las condiciones limitantes previamente mencionadas. El nopal forrajero en México ha sido utilizado históricamente y existen reportes del uso exitoso del nopal como forraje en México, aunque el potencial del nopal permanece insuficientemente explotado (Inglese, *et al*., 2018). Sin embargo y a pesar de la importancia que tiene el nopal como forraje para el ganado se estima que la producción intensiva permanece estancada desde hace 10 años, considerando que posiblemente la gran cantidad de nopal silvestre que se tiene sea la causa del porque los productores no tengan la cultura en la producción de nopal forrajero. El nopal forrajero se puede establecer y desarrollar en zonas áridas, semiáridas y con riegos ocasionales, pues tiene la capacidad fisiológica de ser tolerante al estrés hídrico, la baja fertilidad de los suelos y a las altas y bajas temperaturas. Sobre la densidad de siembra se afirman que ésta es una de las prácticas agrícolas más recomendables para lograr un incremento en la productividad de los cultivos y en forma general, los resultados obtenidos en el establecimiento del cultivo de nopal forrajero indican que al disminuir la densidad de población el rendimiento de forraje por planta es mayor, pero al aumentar la densidad de población se obtiene mayor cantidad de forraje por unidad de superficie (Santos, *et al*., 2006). Recientemente García-Portuguez (2024), afirma que al utilizar 25,000 plantas por unidad de superficie como estrategia agronómica para incrementar la producción de forraje verde de nopal forrajero se obtuvo 95 % de establecimiento del cultivo y mayor producción de pencas por planta y por unidad de superficie. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción anual de forraje y la densidad de población del nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en una huerta de temporal.

Materiales y métodos

El presente estudio acerca del cultivo de nopal forrajero variedad COPENA 1 se realizó en una huerta de temporal de dos años y medio de edad después del trasplante. Dicha huerta pertenece al CENTRO DE BACHILLERATO TECNOLOGICO agropecuario. No. 105 ubicado en la comunidad rural de La Estrella, Pénjamo. Guanajuato y se aplicó un diseño experimental bloques al azar (BA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron caracterizados como: T-0: Densidad de población de 25,000 cladodios/ha; T-1: 20,000 cladodios/ha; T-2: 16,600 cladodios/ha y T-3: 13,300 cladodios/ha. Se considero como unidad experimental a cada una de las 16 parcelas experimentales construidas en 5 m. de ancho y 6 m. de largo con 5 surcos de 0.8 m. de ancho y 6 m. de largo, construyendo callejones entre cada bloque o camas de 3 m. de ancho con el propósito de evitar inundaciones del cultivo en temporada de lluvias y dificultades de drenaje pues el suelo es de tipo Vertisol con bastante arcilla. La construcción de callejones también facilito el tránsito de vehículos de carga, labores culturales y la cosecha del forraje.

El trasplante de cladodios madre se realizó de forma manual empleando una pala y depositando cada cladodio a una profundidad de 25 cm. y a la distancia entre cladodios indicada por cada uno de los tratamientos experimentales. Después de realizado dicho trasplante se aplicaron riegos de auxilio para favorecer el enraizamiento de los cladodios ya que se tuvo un periodo prolongado de ausencia de lluvias y

se fertilizó con estiércol de vacuno a razón de 1 Kg/cladodio. Se realizaron podas de formación para favorecer el desarrollo del segundo nivel de pencas en cada cladodio madre y con esto obtener la formación de una estructura botánica robusta típica de un arbusto. Como procedimiento de manejo agronómico para el cladodio de nopal forrajero, también se realizaron podas con el propósito de eliminar cladodios rastreros, deformes, débiles, improductivos y con daño de plagas y enfermedades. El control de malas hierbas se realizó manualmente utilizando palas y azadones evitando dañar el sistema radicular de los cladodios madre. Las dos o tres pencas que fueron seleccionadas en las podas de formación para integrar el segundo nivel no fueron consideradas en la producción total de forraje. La cosecha fue realizada en el mes de octubre y cuando las pencas tenían un peso aproximado de 1-1.5 Kg., 30-35 cm de longitud total de la base a la punta de la penca, 25-30 cm. de ancho ecuatorial y un grosor de 6-7 cm., con una consistencia carnosa y color verde olivo. Las variables de respuesta fueron: porcentaje de establecimiento del cultivo y la producción anual de pencas por planta y por unidad de superficie, registrando y organizando los datos correspondientes en una bitácora de campo y en hojas de cálculo (Excel) para someterse posteriormente al análisis de varianza y comparación de medias de Tukey.

Resultados y discusión

El establecimiento del cultivo de nopal forrajero de 95% fue adecuado, considerando la densidad de población promedio de 18,725 cladodios/ha en todos los tratamientos experimentales, la variedad, el tipo de cladodio, la distancia entre cladodios, el método de trasplante, control de malezas, fertilización, ocurrencia de plagas y enfermedades y los recursos materiales y naturales de los productores y de la región. La producción de forraje de pencas por planta y por unidad de superficie incremento al ser mayor la densidad de población, distinguiendo en este caso que la producción de pencas hijas por planta madre aumento con densidades de población menores, aunque la poca cantidad de pencas madre por unidad de superficie dio como resultado una disminución de la producción de pencas hijas por unidad de superficie, estos resultados están de acuerdo con los reportados por Santos, *et al*., (2006) y Reveles-Hernández y Flores-Ortíz (2009), pues indican que la mayor densidad de población reduce la producción de forraje verde por planta e incrementa dicha producción por unidad de superficie. Cuadro 1.

Cuadro 1. Densidad de población y producción anual de pencas de nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica*) Variedad COPENA-1 en una huerta de temporal. La Estrella. Pénjamo. Guanajuato.

	Variables de respuesta[1].		
Tratamientos.	No. pencas. (Piezas/Tratamiento).	Peso promedio individual de penca. (Kg).	Producción pencas. (Ton/ha).
T0	851a	0.92b	65.00a
T1	752b	0.93b	58.61b
T2	654c	0.93b	50.81c
T3	607c	0.96a	48.94c

[1]Valores de medias con distinta letra dentro de columnas son diferentes estadísticamente. (P<0.05).

Conclusiones

La mayor densidad de población (T-0) incremento la producción de pencas por planta y por unidad de superficie, obteniendo 95% de establecimiento del cultivo y destacando que la distancia entre surcos de 0.80 m. de ancho dificulto la aplicación de prácticas culturales y la cosecha de forraje. El establecimiento de la huerta de temporal es una estrategia productiva, eficiente y sustentable de suplementación alimenticia para el ganado durante todo el año.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (DGETAyCM) y a la Coordinación Sectorial de Fortalecimiento Académico (CoSFAc) por el apoyo recibido en el financiamiento otorgado a través del Programa de Innovación e Investigación Tecnológica y Educativa. México.

.

Referencias bibliográficas

1. Flores, R. y García, P. (2003). Historia del Uso del Nopal en México y el Mundo. En: R. Samano (ed). Historia de la Agricultura en México. UACH. Chapingo, México
2. García-Portuguez, J. E. (2024). Densidad de población y producción de nopal forrajero (*opuntia ficus-indica*) variedad copena-1 en condiciones de temporal. Memoria de resúmenes. XII Congreso Internacional XXVI Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México.
3. Inglese, P., Mondragón, P. C., Netzaoui, A. y Saenz, C. (2018). Ecología del Cultivo, Manejo y Usos del Nopal. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Centro Internacional de Investigación Agrícola en Zonas Secas (ICARSA). Roma. Italia.
4. Reveles-Hernández, M. y Flores-Ortiz., M. A. (2009). El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino. Memorias. VIII. Simposium-Taller Nacional y 1º. Internacional. Producción y Aprovechamiento del nopal. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León. Monterrey. Disponible en: https://es.scribd.com/doc/228678298/Memorias-Produccion-y-Aprovechamiento-Del-Nopal Consultado: 8 Febrero 2024.
5. Santos, M. V. F., Dubeux Jr., J. C. B., Melo, J. N., Dos Santos, D. C., Farias, I. and Lira, M. A. (2006). Fertilization and plant population density effects on the productivity of Opuntia ficus-indica in northeast Brazil. Acta Hort. 728:189-192 Disponible en: http://www.actahort.org/books/728/728_26.htm Consultado: 28 Enero 2024.

CALIDAD NUTRICIONAL DE PELLETS DE PASTO PANGOLA (*Digitaria eriantha* Steud) AL ADICIONAR UREA.

Anadelia Antonio-Medina[1], Aurelio Morales-Rivera[2*], Sergio Iban Mendoza-Pedroza[3], Raúl Alfonso Rodríguez-Ruelas[3], Ignacio Figueroa-Marbán[4], Areli Guadalupe Cano-Landón[4].

[1]UIEP, [2]ITSJRC, [3]COLPOS, [4]UACh

*Autor para correspondencia: aumori236@hotmail.com

Palabras clave: peletización, fibra detergente, lignina.

Introducción
El pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) es una gramínea tropical ampliamente utilizada en la alimentación de rumiantes debido a su alta productividad y adaptabilidad (Antonio-Medina *et al*., 2024b). Pero el contenido proteico puede ser limitado, lo que afecta el valor nutritivo y la eficiencia en la producción animal. Para mejorar la calidad nutricional de los forrajes, se han utilizado estrategias como la pelletización y la adición de contenidos proteínicos como el uso del nitrógeno no proteico (urea), con el objetivo de incrementar el contenido de proteína cruda y mejorar la digestibilidad (Antonio-Medina *et al*., 2024a; Loor, 2016). La inclusión de urea en niveles del 1%, 2% y 3% en el proceso de peletizado puede influir en la composición de la fibra, específicamente en la fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA) (Rodríguez-Muela *et al.,* 2017). Estas fracciones fibrosas son determinantes en la digestibilidad del forraje, ya que altos contenidos de FDN y FDA se asocian con una menor digestibilidad y consumo por parte de los animales (Van Soest, 1994). Además, la adición de urea puede modificar parámetros bromatológicos como el contenido de materia seca, humedad y materia orgánica, lo que repercute en la calidad y conservación del forraje (Alarcón, 2017). Se plantea que la inclusión de urea en diferentes niveles incremente el contenido de proteína cruda y reduzca los valores de FDN, FDA y LDA, mejorando así la calidad nutricional del forraje y la eficiencia en la alimentación animal.

Objetivo
El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la adición de urea al 1%, 2% y 3% en el peletizado de pasto Pangola sobre la digestibilidad y el valor nutritivo, mediante análisis bromatológicos y la prueba de Van Soest.

Materiales y métodos
El experimento se llevará a cabo en condiciones de campo durante el ciclo primavera-verano en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, ubicado en el municipio de Juan Rodríguez Clara (18° 00’ N, 95° 24’ O) a 140 msnm. El clima de la región es cálido subhúmedo (AW_0), con una temperatura media anual de 24.5° C y una precipitación anual de 1262 mm.

Diseño experimental
El modelo experimental utilizado en esta investigación fue el de un diseño completamente al azar (DCA), debido a la homogeneidad de las unidades experimentales y a la necesidad de evaluar el efecto de los tratamientos de manera independiente, este diseño permitió asignar los tratamientos de forma aleatoria a las unidades experimentales, minimizando el impacto de factores externos y controlando la variabilidad aleatoria del sistema.

Análisis estadísticos
Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0. Se realizaron análisis de varianza. Cuando se detectaron diferencias significativas entre las variables, se aplicó la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión
En el análisis bromatológico de los pellets de pasto pangola con adición de urea (Cuadro 1), se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p<0.01$) en las variables de proteína cruda (PC), fibra

detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA), mientras que la lignina detergente ácida (LDA) no presentó diferencias (p>0.05).

Cuadro 1. Medias ± EEM para análisis proximal de los pellets, adición de nitrógeno (N) al 1,1.5 y 2%

Variable	Tratamientos				EEM	P>F
	Testigo	Urea (%)				P<0.01
		1	1.5	2		
MS	93.3	94.1	94.1	94.7	0.632	2.49
CZ	4.8^{c}	5.5^{a}	5.6^{a}	5.1^{b}	0.114	33*
MO	95.2^{a}	94.5^{c}	94.5^{c}	94.8^{b}	0.1	34*
PC	3.1^{d}	6.3^{c}	7.9^{b}	11.3^{a}	0.189	981**
FDN	73.3^{a}	65.7^{b}	64.8^{b}	65^{b}	0.831	72**
FDA	43.3^{a}	37.1^{b}	36.6^{b}	36.9^{b}	0.517	117**
LDA	7.6	6.8	6.8	6.8	0.655	0.94

† Materia seca (MS %), ceniza (CZ %), proteína cruda (PC %), fibra detergente neutro (FDN %), fibra detergente acida (FDA %), y lignina detergente acido (LDA %), error estándar de la media (EEM) ** Altamente significativo (p<0.01) * Significativo (p<0.05).

Los resultados obtenidos en la Figura 1 muestran cómo responde el contenido nutricional del pellet de pasto pangola con la inclusión de urea, y permiten predecir de manera fisiológica el comportamiento digestivo en rumiantes. Para la proteína cruda (PC), se observó una relación lineal con la dosis de urea, representada por la ecuación Y = 2.803 + 4.109x (R^2 = 0.9855). Esto indica que por cada 1% de urea añadido, el contenido de PC aumenta en promedio 4.1 puntos porcentuales. En el caso de la fibra detergente neutra (FDN), la relación fue cuadrática, con la ecuación Y = 3.264x² - 10.64x + 73.28 (R^2 = 0.9993), mostrando una disminución progresiva hasta una dosis óptima de urea cercana al 1.5%. Esta reducción de FDN implica que la fibra se vuelve más accesible a la fermentación ruminal, favoreciendo una mayor tasa de paso del alimento, incremento en el consumo voluntario y mejor aprovechamiento energético. La fibra detergente ácida (FDA) también presentó un ajuste cuadrático (Y = 2.909x² - 8.982x + 2.909, R^2 = 0.9988), con valores más bajos en los tratamientos con 1.5 y 2% de urea. Este comportamiento refleja una disrupción parcial de componentes como la celulosa, permitiendo una mayor digestibilidad de la fracción estructural del forraje. Esto se traduce en mayor disponibilidad de energía fermentable, lo cual es esencial en dietas con alta carga fibrosa.

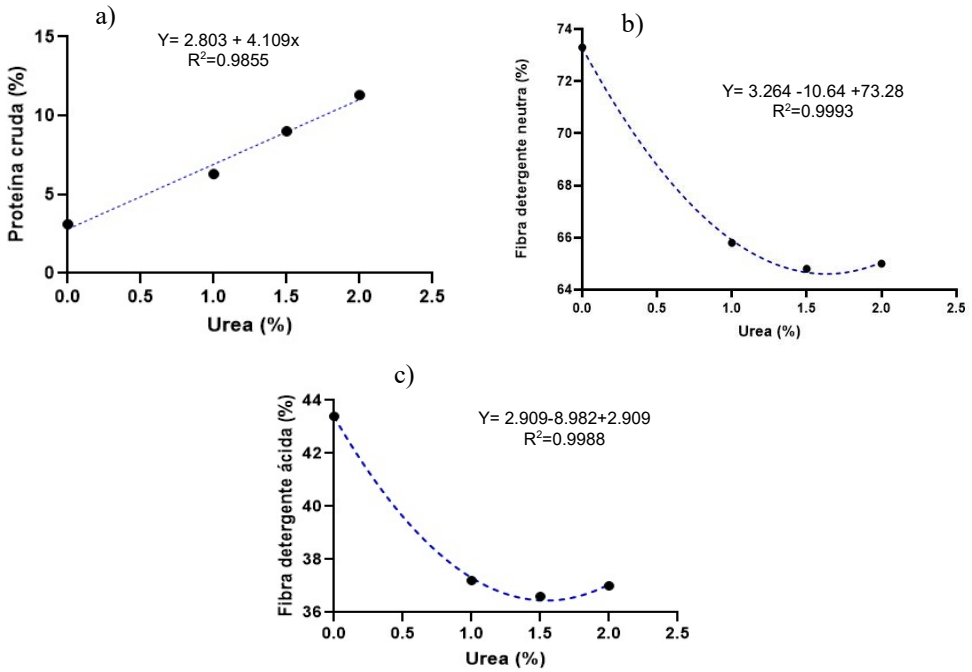


Figura 1. Relación de la dosis de urea en referencia con el contenido nutricional del pasto pangola. A) Proteína cruda; B) fibra detergente neutra y C) fibra detergente acida

Discusión

La inclusión de urea en pellets de pasto pangola mejoró significativamente la proteína cruda y redujo la FDN y FDA, con una respuesta óptima cercana al 1.5% de urea. Fisiológicamente, este incremento significa una mayor disponibilidad de nitrógeno no proteico (NNP) para los microorganismos ruminales, que lo utilizan en la síntesis de proteína microbiana, mejora la digestibilidad y el aprovechamiento de la dieta (Van Soest, 1994). La disminución de FDN y FDA indica que la fibra estructural se vuelve más accesible, fisiológicamente esto favorece a una mayor tasa de paso, mayor consumo voluntario y eficiencia energética (Rodríguez-Muela *et al*., 2017). Por otra parte, este balance de mayor proteína y menor cantidad de fibra difícil de digerir mejora la eficiencia de la fermentación ruminal sin comprometer la estructura del pellet (Loor, 2016). Así mismo se puede decir que el pasto pangola puede mejorar su calidad nutricional mediante estrategias tecnológicas como la peletización con urea, siendo una alternativa viable para aumentar la eficiencia productiva en sistemas forrajeros tropicales (Loor 2016; Antonio-Medina *et al*. 2024ª).

Conclusiones

La inclusión de urea en pellets de pasto pangola mejora de forma significativa su calidad nutricional, al incrementar el contenido de proteína cruda y reducir las fracciones de fibra detergente neutra y ácida. Una dosis óptima del 1.5% de urea permite alcanzar un equilibrio fisiológico favorable, al promover la síntesis de proteína microbiana, mejorar la digestibilidad de la fibra y aumentar el consumo voluntario en rumiantes. Esta estrategia representa una alternativa viable y económica para optimizar el aprovechamiento del forraje tropical en sistemas de producción animal, sin comprometer la integridad física del pellet ni generar excesos de nitrógeno ruminal.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara y al Colegio de Posgraduados campus Montecillo

Fuente financiadora

COVEYCIDET (CP 1111 1948/2023)

Referencias bibliográficas.

1. Antonio-Medina, A., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., Herrera-Haro, J. G., Torres-Hernández, G., & Morales-Rivera, A. (2025). Fertilización nitrogenada en pasto pangola (*Digitaria eriantha* S.) bajo densidades diferentes de siembra. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 12(1), e4120. https://doi.org/10.19136/era.a12n1.4120
2. Antonio-Medina, A., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., Vaquera-Huerta, H., Morales-Rivera, A., & Mendoza-Pedroza, S. (2024). Pasto Pangola, un cultivo alternativo en el sur de Veracruz y su impacto económico en la ganadería. Agro-Divulgación, 4(5), 75–78. Recuperado de https://agrodivulgacion-colpos.org/index.php/1agrodivulgacion1/article/view/377/321
3. Loor, M. N. E. (2016). Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal. Dominio de las Ciencias, 2(4), 323–333. https://doi.org/10.23857/dc.v2i4.257
4. Rodríguez-Muela, C., Rodríguez-Ramírez, H. E., Díaz-Plascencia, D., Bocourt-Salabarría, R., & Arzola-Álvarez, C. (2017). Concentración de fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y lignina durante la fermentación en estado sólido de subproductos de manzana (Malus domestica). Cuban Journal of Agricultural Science, 51(1), 47–60. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802017000100005
5. Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant (2nd ed.). Cornell University Press.

DESEMPEÑO MORFOLÓGICO DEL MAÍZ CRIOLLO PARA FORRAJE FERTILIZADO CON BOCASHI EN ÁFRICA, PUEBLA.

Yessica Santiago Macin[1], Anadelia Antonio-Medina[1*], Aurelio Morales-Rivera[2], Renato Amorín-Albino[1], Gabriel Chepe Cruz[1].

[1]UIEP, [2]ITSJRC

*Autor para correspondencia: delia_2680@hotmail.com

Palabras clave: Bocashi, maíz criollo, producción forrajera.

Introducción

El uso de fertilizantes orgánicos, elaborados a partir de residuos vegetales y estiércoles, constituye una alternativa sostenible frente a los fertilizantes químicos convencionales, al contribuir a la mejora de la estructura y fertilidad del suelo, así como a la reducción de la huella ambiental (Valencia *et al*., 2025). Entre estos destaca el Bocashi, un abono fermentado de origen japonés que ha sido adoptado de forma exitosa en diversos sistemas agrícolas, particularmente bajo pequeña escala y limitados recursos (Ontiveros Borjón, 2023). Este abono no solo aporta nutrientes esenciales, también promueve la actividad microbiana beneficiosa del suelo, porque fortalece la estructura y capacidad de retención de agua (Boru, 2025). Estudios previos han documentado que los fertilizantes orgánicos mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, elevan la productividad agrícola de manera rentable y sustentable (Ávalos de la Cruz *et al*., 2018). En el caso del maíz, el incremento en el desarrollo morfológico derivado de un manejo nutricional adecuado se traduce en un mayor rendimiento de biomasa aérea, lo cual es particularmente relevante en cultivos con fines forrajeros (Aguilar-Carpio *et al*., 2017). En relación con esto, se espera que el Bocashi tenga efectos sobre características morfológicas asociadas al potencial forrajero del maíz criollo.

Objetivo

Determinar el efecto del abono orgánico bocashi sobre las características morfológicas relacionadas con la producción forrajera del maíz criollo en la comunidad de África, San Felipe Tepatlán, Puebla

Materiales y métodos

La parcela experimental se estableció en la comunidad de África, San Felipe Tepatlán, Puebla, donde los productores locales cultivan maíz criollo. La localidad presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwb), con una precipitación de 2000 y 4000 mm, una altura de 797 m, temperatura máxima alcanza los 32°C y la mínima 20°C. Con un suelo tipo arcillo-limoso, con pH de 7 a 8.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; los tratamientos fueron T1 (con aplicación de Bocashi) y T2 (sin aplicación). En una parcela de una hectárea se aplicaron 5 t de Bocashi, fraccionadas en cuatro aplicaciones de 1.25 t ha^{-1} a partir del día 30 hasta los 75 días después de la siembra. Se evaluó altura de planta (metro graduado), diámetro del tallo a 10 cm de la base (calibrador digital) y área foliar (largo × ancho × 0.75). Las mediciones se realizaron cada 15 días.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.0. Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y, cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias. Las gráficas fueron elaboradas con el software *GraphPad Prism* versión 9.0.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p<0.05$) entre tratamientos y tiempos de evaluación en el área foliar, diámetro del tallo y altura de planta del maíz criollo (Cuadro 1). Desde los 30 hasta los 75 días después de la siembra (DDS), el tratamiento con Bocashi (T1) presentó valores consistentemente superiores en las tres variables evaluadas en comparación con el tratamiento sin Bocashi (T2). A los 75 DDS, el área foliar, diámetro del tallo y altura de planta en T1 alcanzaron 600 ± 7.2 cm^2, 3.5 ± 0.18 cm y

130.5 ± 3.1 cm, respectivamente, frente a 308.7 ± 6.1 cm², 2.5 ± 0.15 cm y 120.9 ± 2.8 cm en T2. Estos resultados indican que la aplicación de Bocashi promueve un mayor desarrollo morfológico y potencial forrajero del maíz criollo a lo largo de su ciclo de cultivo.

Cuadro 1. Medias ajustadas ± error estándar de la media (EE) de las variables área foliar, diámetro del tallo y altura de planta de maíz criollo en función del tratamiento con Bocashi y del tiempo de evaluación (días).

Tratamiento	DDS	AF (cm²)	EE	DM (cm)	EE	AL (cm)	EE
T1	30	160.2^{a}	3.2	1.73^{a}	0.08	57.5^{a}	1.6
T1	45	300.7^{a}	4.1	2.23^{a}	0.12	92.6^{a}	2.3
T1	60	518.6^{a}	6.3	2.9^{a}	0.15	120.7^{a}	2.9
T1	75	600^{a}	7.2	3.5^{a}	0.18	130.5^{a}	3.1
T2	30	80.7^{b}	2.5	1.5^{b}	0.07	48.5^{b}	1.4
T2	45	136.3^{b}	3.9	1.8^{b}	0.11	71.6^{b}	2
T2	60	232.7^{b}	5.8	2.2^{b}	0.13	95.2^{b}	2.5
T2	75	308.7^{b}	6.1	2.5^{b}	0.15	120.9^{b}	2.8

T1=tratamiento con bocashi; T2=tratamiento sin bocashi; DDS: días después de la siembra; AF= área foliar; DM=diámetro; AL=altura; EE=error estándar de la media

La Figura 1 muestra que el tratamiento con Bocashi promovió un mayor crecimiento morfológico del maíz criollo a lo largo del ciclo. El área foliar Figura A) fue consistentemente superior con Bocashi, se duplico el crecimiento que en las plantas sin Bocashi a los 75 DDS. La TCR B) alcanzó su pico entre 45 y 60 DDS, siendo mayor en el tratamiento con Bocashi. La RGR, en la figura C) también fue superior en Bocashi, especialmente en las etapas tempranas. En conjunto, estos resultados reflejan que el Bocashi favorece tanto el crecimiento absoluto como relativo de la biomasa foliar y el potencial productivo del cultivo.

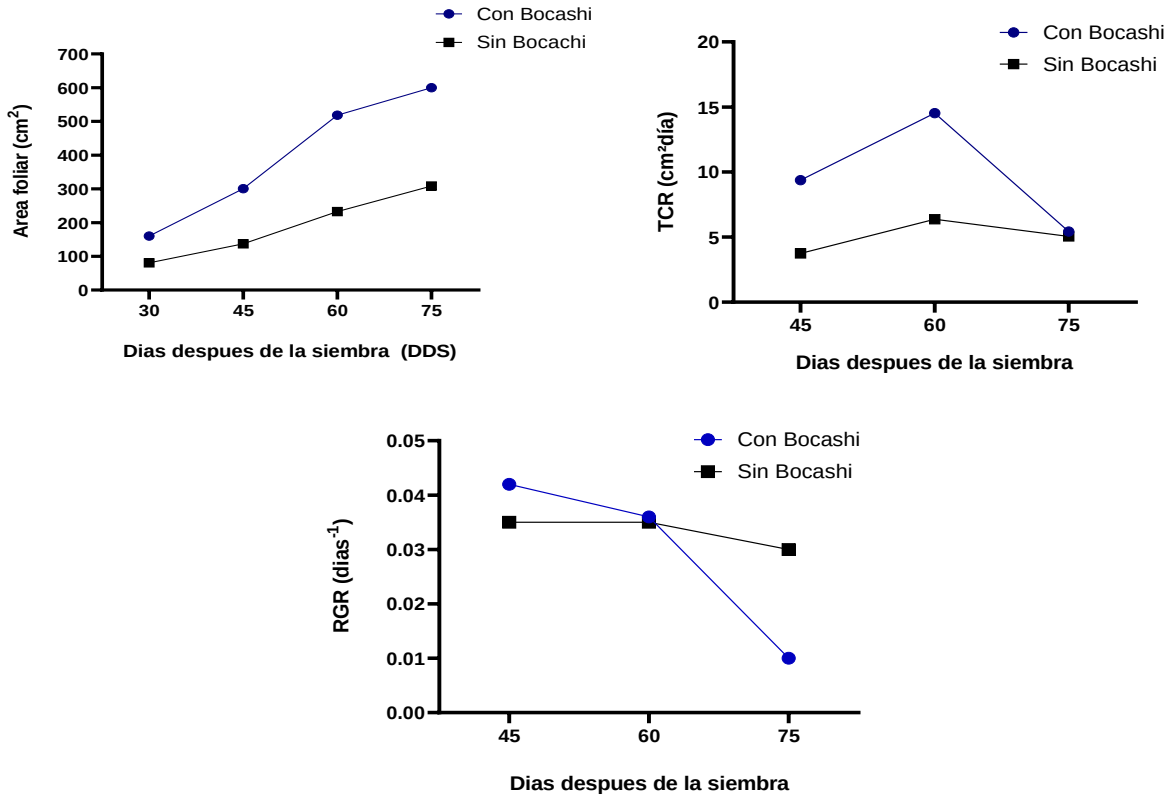


Figura 1. Dinámica del crecimiento morfológico del maíz criollo a través del tiempo en función del tratamiento con Bocashi. A) área foliar (cm²); B) tasa de crecimiento absoluto (TCR); y C) tasa relativa de crecimiento (RGR).

Discusión

Los resultados de este estudio confirman que la aplicación de Bocashi mejora significativamente las características morfológicas del maíz criollo con fines forrajeros. El incremento en el crecimiento vegetativo de las plantas tratadas con Bocashi se reflejó en el aumento del área foliar (AF), diámetro del tallo (DT) y altura de planta (AL), indicadores directamente asociados con una mayor biomasa aérea, aspecto fundamental en sistemas de producción forrajera. Estas respuestas son consistentes con lo reportado por Aguilar-Carpio *et al*. (2017), ellos señalan que el aumento en el área foliar y la eficiencia fotosintética contribuyen directamente a una mayor acumulación de biomasa en maíz. La mayor tasa de crecimiento absoluto (TCR) y la tasa relativa de crecimiento (RGR) observadas en el tratamiento con Bocashi reflejan un ritmo de expansión foliar más eficiente, esto permite un aprovechamiento más rápido y sostenido del potencial productivo del cultivo. Por otra parte, Ávalos de la Cruz *et al*. (2018), reportaron que la incorporación de abonos orgánicos favorece el crecimiento vegetativo más vigoroso con mayor rendimiento de biomasa en maíz forrajero. El incremento en el diámetro del tallo y en la altura de planta, refuerza la importancia del Bocashi como estrategia para mejorar la estructura y la acumulación del forraje. De acuerdo con Ontiveros Borjón (2023), el uso de abonos orgánicos no solo incrementa el rendimiento en materia seca y verde del maíz forrajero, sino que también mejora parámetros morfológicos clave para el aprovechamiento forrajero, como la altura y el grosor del tallo. Estos beneficios se explican en parte por el efecto positivo del Bocashi sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Valencia *et al.* (2025) y Boru (2025) destacan que los fertilizantes orgánicos, al incrementar la actividad microbiana, mejoran la estructura del suelo y optimizan la disponibilidad de nutrientes, esto crea un entorno favorable para el desarrollo vegetal.

Conclusiones

El uso de Bocashi en maíz criollo con fines forrajeros incrementa el crecimiento de la planta y la producción de biomasa, lo que se traduce en mayor volumen, así como calidad de forraje. Con esta práctica se permite obtener un cultivo más vigoroso, con tallos más robustos y mayor área foliar, elementos clave para mejorar el rendimiento por hectárea. El Bocashi representa una alternativa viable y sostenible para pequeños productores, al fortalecer la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

Agradecimientos

Al productor Andrés Santiago Quiroz de la localidad África, San Felipe Tepatlán, Puebla.

Fuente financiadora

Este trabajo no contó con fuente de financiamiento externo.

Referencias bibliográficas.

1. Aguilar-Carpio, C., Escalante-Estrada, J.A.S., Aguilar-Mariscal, I., Pérez-Ramírez, A. (2017). Crecimiento, rendimiento y rentabilidad del maíz VS-535 en función del biofertilizante y nitrógeno. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 4(10), 169–179. https://doi.org/10.19136/era.a4n10.1147
2. Ávalos de la Cruz, M. A., Figueroa Viramontes, U., García H.J.L., Vázquez V.C., Gallegos R.M.A., Orona Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. Nova Scientia, 10(20), 170–188. https://doi.org/10.21640/ns.v10i20.1705
3. Boru, M. (2025). Review of Organic Fertilizer and Its Role in Organic Farming. International Journal of Energy and Environmental Science, 10(2), 31–37. https://doi.org/10.11648/j.ijees.20251002.11
4. Ontiveros BME. (2023). Efecto de abonos orgánicos y biofertilizante en el rendimiento y calidad bromatológica del maíz forrajero. [Tesis de licenciatura, Universidad Juárez del Estado de Durango]. Repositorio UJED. https://repositorio.ujed.mx/jspui/handle/123456789/195
5. Valencia, A., Ortiz, G., Tapia, D., Chicaiza, M., Verdejo, J., Montero R.Y. (2025). Soil improvement through organic fertilizers. Multidisciplinar (Montevideo). 3 (36). https://doi.org/10.62486/agmu202536

DINÁMICA DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO EN UN PASTIZAL INVADIDO POR ZACATE AFRICANO BAJO CONDICIONES DE SEQUÍA EXTREMA.

Héctor Ramírez-Garduño[1*], Pedro Jurado-Guerra[1], Gabriel Sosa-Pérez[1], Federico Villarreal-Guerrero[2], Nathalie S. Hernández-Quiroz[2], Carlos G. Ochoa-Cárdenas[3], Douglas Cram [4].

[1] Campo Experimental La Campana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), km 33.3 Carretera Chihuahua-Ojinaga, Aldama, Chih. 32910, México. [2] Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Fco. R. Almada km 1, Chihuahua, Chih. 31453, México. [3]Ecohydrology Lab, College of Agricultural Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR, USA. [4] Extension Animal Sciences and Natural Resources, New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA.

* Autor para correspondencia: ramirez.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, cambio climático,

Introducción

El contenido de agua en el suelo es un componente clave para el funcionamiento ecológico de los ecosistemas terrestres, ya que regula procesos esenciales como la disponibilidad hídrica para las plantas, la actividad microbiana, así como los flujos de energía y nutrientes. En zonas áridas y semiáridas, donde el agua es un recurso limitado, la alteración de la dinámica hídrica puede tener consecuencias significativas para la biodiversidad y la productividad primaria. Las invasiones de especies exóticas en los pastizales han mostrado una fuerte capacidad para modificar las propiedades físicas del suelo y los patrones de infiltración, retención y evapotranspiración (Wilcox et al., 2012). El zacate africano (*Eragrostis lehmanniana)*, introducido con fines forrajeros en diversos ecosistemas áridos, se caracteriza por su tolerancia a la sequía y su capacidad para desplazar a especies nativas, generando cambios estructurales en la vegetación. Estos cambios pueden modificar la interacción entre la cobertura vegetal y el ciclo hidrológico del suelo, particularmente en condiciones de estrés hídrico extremo. Sin embargo, aún se conoce poco sobre el rol del zacate africano en la dinámica del contenido de agua en el suelo bajo escenarios de sequía prolongada. Este estudio tuvo como objetivo analizar la variación temporal del contenido de agua en el suelo en un pastizal invadido por zacate africano, durante un periodo de sequía extrema.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental La Campana del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado en el km 80 carretera Panamericana en el estado de Chihuahua. El sitio se encuentra a una altitud de entre 1500 a 1800 m. El promedio anual de precipitación (2014-2024) es de 316.90 mm con un rango de temperatura media anual entre 12 y 17 °C. El clima es semiseco templado. La vegetación se compone mayormente de zacate africano, *Muhlenbergia* spp. y encino (*Quercus arizonica*). La geología se conforma en su gran mayoría de tipo aluvial con zonas de conglomerado, la clasificación de los suelos es de tipo Regosol esquelético de textura gruesa y superficie pedregosa y Feozem epiesquelético de textura gruesa y superficie pedregosa (INEGI, 2024). La textura de los suelos es franco-arenosa y areno-francosa.

Se seleccionaron dos sitios, uno de pastizal asociado con encinos (P-E) y otro de pastizal (P) (Figura 1), ambos sitios invadidos por zacate africano. En cada sitio (estación), se instalaron tres sensores de humedad ECH_2O EC_5 (Decagon Devices Inc.); el primero a 20, el segundo a 50 y el tercero a 80 cm de profundidad. Los sensores fueron conectados a un datalogger CRX200 (Campbell Scientific) alimentado por un panel solar de 10 W. En cada estación se instaló también un pluviómetro automático WatchDog. Los datos del contenido volumétrico del agua (CVA) y lluvia se registraron cada hora, para posterior análisis, se promediaron para el caso de CVA y se sumaron los datos para la lluvia por cada mes. Los sensores de CVA no fueron calibrados para el tipo de suelo de cada sitio por falta de tiempo. Sin embargo, la calibración de fábrica permite que los sensores tengan menor variación en suelos minerales (Decagon Devices, 2012). Los datos de CVA fueron analizados con un modelo lineal generalizado utilizando el procedimiento PROC GLIMMIX en SAS versión 9.3. Dado que la distribución del CVA presentó asimetría positiva y no se logró

normalidad tras aplicar transformaciones, se utilizó una distribución gamma con función de enlace logarítmica. Debido a problemas de convergencia atribuible al diseño no balanceado entre niveles de profundidad (de 18 a 20 meses según la profundidad), se optó por excluir el intercepto aleatorio del modelo. Los efectos fijos considerados incluyeron el sitio, profundidad, temporada y la interacción sitio x temporada. Los resultados se presentan en la escala original para facilitar su interpretación. Se calcularon las medias ajustadas por mínimos cuadrados para realizar comparaciones entre los diferentes grupos. El valor de alfa asignado fue de 0.05.



Figura 1. Estación de CVA en pastizal asociado con encinos (izquierda) y estación en pastizal (derecha) en el rancho experimental La Campana.

Resultados y discusión

La precipitación colectada en el P-E tuvo un total de 291 mm y el P un total de 268 mm durante el período reportado. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los sitios. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en la profundidad ($P = 0.0058$), temporada ($P = 0.0007$) y sitio x temporada ($P = 0.0379$). A 80 cm de profundidad, el CVA fue mayor (0.098 ± 0.014 cm^3 cm^{-3}) seguido del CVA a los 20 (0.061 ± 0.006 cm^3 cm^{-3}) y 50 cm (0.057 ± 0.005 cm^3 cm^{-3}), ambas profundidades sin diferencias estadísticas. Por otra parte, en verano el CVA fue mayor (0.099 ± 0.015 cm^3 cm^{-3}), que en el otoño (0.083 ± 0.010 cm^3 cm^{-3}). Mientras tanto la primavera e invierno tuvieron los valores más bajos del CVA con 0.057 ± 0.006 cm^3 cm^{-3} y 0.050 ± 0.005 cm^3 cm^{-3}, respectivamente. La interacción de sitio por temporada mostró que en el P-E en verano se mantuvo un CVA mayor con 0.136 ± 0.031 cm^3 cm^{-3} seguido de otoño con 0.110 ± 0.022 cm^3 cm^{-3} mientras que, en el P, el CVA fue mayor durante los meses de verano (0.072 ± 0.014 cm^3 cm^{-3}), seguido de otoño y primavera (0.063 ± 0.009 cm^3 cm^{-3}).

El sitio de pastizal asociado con encinos, mostró una respuesta a la precipitación en los 20 y 50 cm de profundidad (Figura 2). De diciembre 2023 (invierno) a junio (invierno y primavera) 2024, ambas profundidades se mantuvieron por debajo del punto de marchitez permanente (θm). Sin embargo, al inicio de las lluvias en julio 2024 (verano), ambas profundidades estuvieron arriba de la capacidad de campo (θcc), con lluvias mayores a los 20 mm. Durante la temporada de invierno (2024) y primavera (2025), el CVA se redujo hasta casi llegar al θm. En el sitio P, el comportamiento del CVA fue menos pronunciado. Durante la temporada de invierno y primavera (2023-2024) el CVA se mantuvo por debajo del θm en los 20 y 50 cm de profundidad; a los 80 cm se mantuvo por arriba del θm aunque en febrero 2024 alcanzó (momentáneamente) el θm. La respuesta casi nula del CVA a la precipitación en el sitio P, a 50 y 80 cm de profundidad, fue similar a la reportada en un pastizal asociado con matorral. Es decir, el movimiento del agua a través del perfil del suelo probablemente estuvo limitado (Ochoa et al., 2023). En este sitio, es probable que la θcc se haya alcanzado en verano de 2024 debido a la alza del CVA en los primeros 20 cm. Sin embargo, el fallo de los sensores no permitió corroborarlo

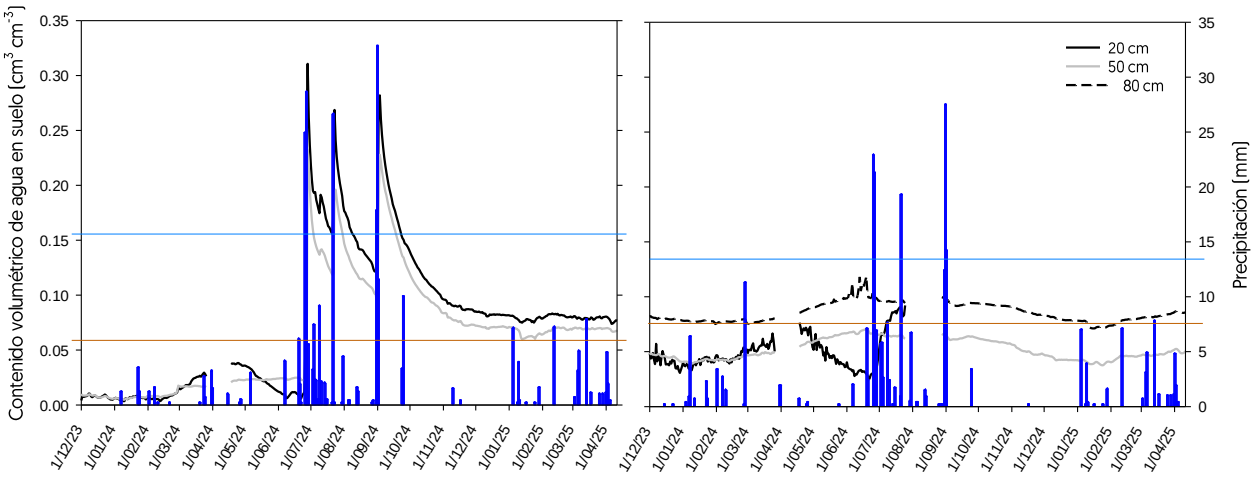


Figura 2. Dinámica del CVA en un sitio de pastizal asociado con encinos (izquierda) y pastizal (derecha), ambos invadidos por zacate africano. La línea azul horizontal representa la capacidad de campo y la línea café horizontal representa el punto de marchitez permanente.

Conclusiones

El pastizal asociado con encino presentó valores más altos de CVA en verano y otoño que el pastizal. Estas diferencias indican que durante esta temporada la capacidad de almacenamiento del CVA fue mayor en el P-E que, en el P, siendo un factor clave en la resiliencia hídrica de los ecosistemas frente a la variabilidad climática. Por otra parte, el pastizal es más vulnerable a la sequía extrema, ya que el suelo presentó valores por debajo del punto de marchitez permanente en los primeros 50 cm donde se ubica mayormente la zona radicular de las gramíneas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece el apoyo financiero por parte del INIFAP y el apoyo logístico de Efraín Valverde en el rancho experimental la Campana.

Referencias bibliográficas

1. Decagon Devices, 2012. User´s manual Version 2.
2. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2024. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. Accesado en mayo de 2025. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
3. Ochoa, C. G., Villarreal-Guerrero, F., Prieto-Amparán, J. A., Garduño, H. R., Huang, F., & Ortega-Ochoa, C. (2023). Precipitation, Vegetation, and Groundwater Relationships in a Rangeland Ecosystem in the Chihuahuan Desert, Northern Mexico. Hydrology, 10(2), 41.
4. Wilcox, B. P., Turnbull, L., Young, M. H., Williams, C. J., Ravi, S., Seyfried, M. S., & Wainwright, J. (2012). Invasion of shrublands by exotic grasses: ecohydrological consequences in cold versus warm deserts. Ecohydrology, 5(2), 160-173.

PRODUCTIVIDAD Y VALOR NUTRICIONAL DE *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* EN UN SISTEMA BIODIVERSIFICADO.

José de Jesús Maldonado-Méndez[1*], Cándido Enrique Guerra-Medina[1], Josselin Valencia-Rios[2]; Orlando Reyes-Mejía[3], Robert Alexis Cobón-Flores[3]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP, [2]Estudiante, Universidad del Sureste de México, [3]Estudiante, Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV.

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: bovinos, forrajes tropicales, nutrición.

Introducción

En los últimos 30 años la región costera de Chiapas ha enfrentado diversos cambios en la ganadería y en la agricultura. El efecto de la deforestación, la eliminación de especies forrajeras nativas, la erosión y compactación del suelo, la falta de agua con periodos de sequía más prolongados, el aumento en el costo de los insumos para la alimentación del ganado, el manejo inadecuado del pastoreo, entre otros, ha impactado la productividad ganadera, el equilibrio del agroecosistema y el ingreso de los productores. Un efecto importante ha sido la escasez de forrajes para alimentar al ganado, especialmente durante los periodos de sequía, lo que resulta en deficiencia de nutrientes en el ganado y baja productividad.

Ante esta problemática, el *Pastoreo Intensivo Biodiversificado* con especies arbustivas nativas, surge como una alternativa sostenible para incrementar la producción de forrajes de alta calidad para la alimentación de bovinos. El objetivo de este estudio, fue evaluar la producción de materia seca, composición química y digestibilidad *in situ* de las especies forrajeras *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* en un sistema Biodiversificado para la engorda de becerros en Pastoreo Intensivo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante los meses de junio a diciembre de 2024 en una unidad de producción pecuaria, ubicada en el Ejido Hidalgo, municipio de Tapachula, Chiapas, México, con coordenadas geográficas 14.96 34 36 LN -92° 15´27´83 LO. Al establecimiento en campo las especies arbustivas tenían tres meses de edad con altura promedio de 50 cm, se sembraron en doble hilera en arreglo de 1.5 x 1.5 m y 10 m entre doble hilera, dejando un callejón de 10 m donde se estableció el pasto Mombaza. Para las especies arbustivas las unidades experimentales fueron de 10 plantas y se utilizó tres unidades experimentales de cada especie; para las especies de pastos, la unidad experimental fue de la parcela de 2 x 2 m y se utilizaron cinco unidades experimentales para cada especie. Para evaluar la producción de materia seca de las arbustivas, se cortó el follaje a 30, 45 y 60 días de rebrote de 10 plantas, se pesó el forraje en fresco de cada planta y se depositó en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio.

Se determinó materia seca total (MST), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), cenizas (C) y materia orgánica (MO) por diferencia, mediante las técnicas descritas por la AOAC (2012). La determinación de las fracciones de fibra (FDN y FDA) con el método de Van Soest et al. (1991). Se hizo la digestibilidad *in situ* (Ørskov y McDonald, 1979). Se utilizó un diseño completamente al azar, el análisis de varianza se realizó a través del procedimiento GLM y la comparación de medias de los tratamientos por la prueba de Tukey (SAS, 2011).

Resultados

La producción de MS (kg por planta), fue mayor en *G. ulmifolia* a 30, 45 y 60 días de rebrote ($P<0.05$); de la misma manera, la producción de MS (toneladas por ha), fue mayor en *G. ulmifolia* a 30, 45 y 60 días de rebrote ($P<0.05$). *G. ulmifolia* tiene mayor capacidad de rebrote y mayor acumulación de MS, es un forraje con características de crecimiento importante para la alimentación del ganado bovino en las regiones tropicales (Cuadro 1). Otros autores como Vargas (2017) en Colombia, en un banco forrajero de *G. ulmifolia* a una densidad 10,000 plantas por hectárea en cortes cada 45 días obtuvo 5.8 t h^{-1} de MS al año, 82 g MS planta^{-1} y 0.8 t ha^{-1} corte. En *G. sepium,* Rangel (2023), con siembras de 1 m entre filas y 50 cm entre plantas en Brasil obtuvo rendimientos de 10.5 a 14.8 t MS ha^{-1} de hojas año$^{-1.}$

Cuadro 1. Producción de materia seca por planta y por ha de *G. ulmifolia* y *G. sepium* a diferentes edades de rebrote.

Tiempo de rebrote (días)	Producción de materia seca por planta (kg)		
	G. ulmifolia	*G. sepium*	EEM
30	0.306a	0.205b	0.026
45	0.522a	0.211b	0.055
60	0.670a	0.282b	0.086
	Producción de materia seca por ha (t)		
30	0.489a	0.328b	0.187
45	0.835a	0.337b	0.281
60	1.082a	0.451b	0.269

a, b: Promedios con literal diferente entre filas, tienen diferencias estadísticas, Tukey ($P < 0.05$); EEM: error estándar de la media.

Los resultados de la composición química de *G. ulmifolia* y *G. sepium* se observan en el Cuadro 2. El contenido de PC de *G. ulmifolia* a los 30 días fue de 25.2% PC; mientras que de *G. sepium* fue de 23.4; a los 45 días la PC de *G. ulmifolia* disminuyó a 22.7% y *G. sepium* a 23.02%. A los 60 días, ambas especies continuaron mostrando una disminución en la PC, con *G. ulmifolia* con 19.16% y *G. sepium* 22.49%. De 30 a 60 días *G. ulmifolia* tuvo una disminución de 5.6%; mientras que en *G. sepium* fue de 0.91%. Estos valores fueron mayores a los reportados por otros autores; Jiménez et al. (2008) observó 13.6% en *G. ulmifolia*; Castrejón et al. (2016) para *G. ulmifolia* reporta 12.25% y para *G. sepium* 16.32%. La diferencia que existe con estudios reportados, pudiera ser debido a las variaciones en la edad de la planta al momento de tomar la muestra, que no está reportada por los autores mencionados.
El contenido de FDN de *G. ulmifolia* fue de 57.91% a los 30 días, 63.07% a los 45 días y alcanzando un máximo de 67.19% a los 60 días; mientras que *G. sepium* a los 30 días obtuvo 36.23%, 32.34% a los 45 días y 35.19% a los 60 días. Estos resultados indican que *Gliricidia sepium* mantiene una mejor calidad nutricional en cuanto a fibra, mientras que *Guazuma ulmifolia* tiende a lignificarse conforme se prolonga el periodo de rebrote.

Cuadro 2. Características de composición química de *G. ulmifolia* y *G. sepium* a tres edades de rebrote.

	G. ulmifolia			*G. sepium*		
Variable	30 días	45 días	60 días	30 días	45 días	60 días
Proteína cruda (%)	25.20	22.73	19.16	23.45	23.02	22.49
Grasa cruda (%)	2.68	2.30	2.44	3.17	2.39	2.25
Fibra cruda (%)	29.55	35.47	41.67	26.14	22.19	24.34
Extracto libre de nitrógeno (%)	32.56	28.22	27.37	37.30	42.92	41.41
Fibra detergente neutro (%)	57.91	63.07	67.19	36.23	32.34	35.19
Fibra detergente ácido (%)	33.80	38.20	44.20	28.65	25.76	27.37
Ceniza (%)	10.02	11.28	9.36	9.94	9.48	9.52

.

Conclusiones

En cuanto a la producción de materia seca, *G. ulmifolia* supero a *G. sepium* tanto en rendimiento por planta como por hectárea, lo que la posiciona como una especie de alta productividad forrajera, tanto *G. ulmifolia* como *G. sepium* presentan un alto contenido de PC. La integración de ambas especies en el *Sistema Intensivo Biodiversificado,* permite aprovechar los nutrientes de cada una por sus características de crecimiento y composición química. Esta combinación puede mejorar la ganancia de peso de los becerros, aumentar la carga animal, la rentabilidad y contribuyendo a una ganadería productiva y sostenible.

Agradecimientos

Al INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, por facilitar las condiciones para que se llevara a cabo esta investigación.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Innovaciones tecnológicas para aumentar la productividad de carne de bovino en sistemas Biodiversificados en el trópico” financiado por el INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. AOAC 2012 Official Methods of Annalisis of the Association of Official Analytical. (AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2012. Official Methods of Analysis (19th Edition). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Mary Land, USA. Chapter 4: 1-44.
2. Bach, A., Calsamiglia, S. and Stern, M. D. 2005. Nitrogen Metabolism in the Rumen. J. Dairy Sci., 88(E. Suppl.), E9–E21. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7.
3. Castrejón, P. F. A., Martínez, P. P., Corona, L. Valle, C. J. L. & Mendoza, G. D. 2015. Partial substitutionof soybeanmeal by *Gliricidia sepium* or *Guazuma ulmifolia* leaves in therations ofgrowing lambs. Trop Anim Health Prod DOI 10.1007/s11250-015-0932-2.
4. Gómez, M.E., Rodriguez, L., Murgueitio, E., Rios, Cl.I., Méndez, M., Molina, C.H., Molina, C.H., Molina, E., Molina, J.P., 2002.- Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal Como Fuente Proteica. 3. ed. Cali, Colombia., 1-147.
5. Jiménez, F. G., López, C. M. Nahed, T. J., Ochoa, G. S. y de Jong, B. 2008. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. Fodder trees and shrubs of the north-tzotzil region of Chiapas, Mexico. Vet. Méx., 39 (2).
6. Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimated of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503.
7. Rangel, J. H. A., Muniz, E. N., de Souza, S. F., dos Santos, R. D. and Piovezan, U. 2023. Gliricidia sepium: a promising legume tree for the Brazilian semiarid zone. The Journal of the International Legume Society, v.17, p.36-39. Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203504305>. Accessed: Aug. 11, 2023.
8. SAS. Statistical Analysis Software. 2011. SAS/TAT. Versión 9.3 Edition. Cary (NY): SAS Institute Inc.
9. Van Soest, P.J. Robertson B, & Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.
10. Vargas Jarro, A. F., & Quintero Botero, D. 2017. Evaluación de bancos forrajeros de Guácimo Guazuma ulmifolia en el piedemonte llanero colombiano. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/330.

DEGRADABILIDAD RUMINAL *in situ* Y CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE LAS ARBUSTIVAS FORRAJERAS *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium*.

José de Jesús Maldonado-Méndez[1*], Cándido Enrique Guerra-Medina[1], Orlando Reyes-Mejía[2], Josselin Valencia-Rios[3], Marilyn Fabiola López Sumoza[2]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP, [2]Estudiante, Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV; [3]Estudiante, Universidad del Sureste de México,

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: bovinos, forrajes tropicales, nutrición.

Introducción

En Chiapas, la cría de ganado bovino se lleva a cabo en pastoreo extensivo, la degradación de los pastizales representa la mayor amenaza para la sostenibilidad de este sistema. Una de las mayores limitantes para la producción ganadera, es la falta de forrajes durante los meses de diciembre a mayo, cuando la precipitación es escasa o nula en algunos casos, debido a la poca variedad de especies forrajeras, la mayoría introducidas con poca adaptación a las condiciones climáticas. La falta de forraje y la baja calidad ocasiona deficiencias nutricionales en los bovinos y afecta la productividad.

Existen especies nativas o naturalizadas que tienen potencial forrajero por su adaptación a las condiciones y su valor nutricional, entre ellas Cahulote (*Guazuma ulmifolia*) y Yaite (*Gliricidia sepium*) que son plantas arbustivas, con los que puede incrementarse la calidad nutricional del forraje para la alimentación de becerros de engorda, con la intención de lograr mayor ganancia de peso y mejorar la productividad.

El sistema Biodiversificado consiste en utilizar especies forrajeras nativas, con la intención de aprovechar su adaptación en el trópico, las propiedades nutrimentales que pueden aportar para la engorda de becerros y al mismo tiempo la restauración del suelo que se produce a partir de la materia orgánica degradada durante el ciclo de vida de las plantas que integran el sistema, permitiendo que la fertilidad del suelo mejore y se tenga mayor productividad de los forrajes.

El objetivo de esta investigación, fue evaluar la degradabilidad ruminal *in situ* del Cahulote (*Guazuma ulmifolia*) y Yaite (*Gliricidia sepium*) en condiciones de un sistema Biodiversificado.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante los meses de junio a diciembre de 2024 en una unidad de producción pecuaria, ubicada en el Ejido Hidalgo, municipio de Tapachula, Chiapas, México, con coordenadas geográficas 14.96 34 36 LN -92° 15´27´83 LO. Al establecimiento en campo las especies arbustivas tenían tres meses de edad con altura promedio de 50 cm, se sembraron en doble hilera en arreglo de 1.5 x 1.5 m y 10 m entre doble hilera, dejando un callejón de 10 m donde se estableció el pasto Mombaza. Para las especies arbustivas las unidades experimentales fueron de 10 plantas y se utilizó tres unidades experimentales de cada especie. Para obtener las muestras, se cortó el follaje a 30, 45 y 60 días de rebrote de 10 plantas, se pesó el forraje en fresco de cada planta y se depositó en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio; posteriormente se depositó en bolsas de papel estraza y se secó en una estufa de aire forzado a 65 °C por 48 horas, se molió en un molino con criba de 2 mm y por último, se colocó en bolsas de plástico previamente etiquetadas para su posterior análisis.

Para estimar la degradabilidad ruminal de la materia seca, se depositó 5 g de materia seca en bolsas de poliseda con tamaño de poro de 50 µm y se sellaron con una liga para evitar la pérdida de material de la bolsa, para la prueba de degradabilidad ruminal se usaron dos vacas de cinco años de edad, quienes tuvieron con alimentación a libre pastoreo y sal mineral a libre acceso, las bolsas con muestras se incubaron en el rumen por 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas utilizando tres repeticiones por cada tiempo. Las muestras se introdujeron en el rumen de forma invertida, es decir, se sacaron al mismo tiempo y se lavaron simultáneamente de acuerdo con las recomendaciones hechas por Nocek (1987). La cinética ruminal se determinó con PROC NLIN (SAS, 2011). Se utilizó un diseño completamente al azar, el análisis de varianza

se realizó a través del procedimiento GLM y la comparación de medias de los tratamientos por la prueba de Tukey (SAS, 2011).

Resultados

A las 72 horas de incubación, *G. sepium* presento el valor más alto con 91.24%, mientras que *G. ulmifolia* alcanzo 78.27% (Cuadro 1). En todas las horas evaluadas (72, 48, 24, 12, 6, 0), *G. sepium* mantuvo mayores porcentajes de degradabilidad diferentes, respecto a *G. ulmifolia*. Los valores más bajos se observaron al inicio de la incubación (0 horas), con 39.78% para *G. sepium* y apenas 9.12% para *G. ulmifolia*. La digestibilidad *in situ* está relacionada con las características de composición química del forraje y la capacidad de los rumiantes para degradarlos; la mayor degradabilidad *in situ* de la materia seca conduce a mayor disponibilidad de los nutrientes del forraje para las funciones del animal, incluyendo la producción (Krizsan *et al.,* 2012). En este estudio, *G. sepium* presenta mayor degradabilidad *in situ* de la materia seca, por lo tanto, mayor producción de propionato ruminal, que actúa como sumidero de hidrógeno, en consecuencia, se tiene menor proporción de metano entérico (Jun *et al.,* 2023).

Cuadro 1. Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca de arbustivas forrajeras tropicales (%) a 45 días de rebrote.

Hora de Incubación	*G. ulmifolia*	*G. sepium*	EEM
72	78.27b	91.24a	2.24
48	73.22b	81.90a	2.95
24	58.55b	76.27a	3.05
12	36.77b	64.03a	2.44
6	29.13b	63.00a	2.06
0	9.12b	39.78a	1.44

a, b: Promedios con literal diferente entre filas, tienen diferencias estadísticas ($P < 0.05$). EEM: error estándar de la media.

Los resultados del Cuadro 2 indican que la fracción soluble de *G. sepium* fue de 42.64% y para *G. ulmifolia* 34.21%. La fracción degradable en *G. sepium* fue de 45.33% y en *G. ulmifolia* 43.72%; mientras que la fracción indegradable en *G. ulmifolia* fue de 22.07% en comparación con *G. sepium* de 12.03%, indicando con ello que los nutrientes de estos forrajes pueden ser degradados eficientemente por los enzimas microbiana en el rumen a una velocidad de moderada lo cual beneficia la producción de proteína microbiana y la síntesis de ácidos grasos volátiles en el rumen (Bach *et al*., 2005).

La velocidad de degradación de la materia seca mostró una mayor fracción soluble en *G. sepium* en comparación con *G. lmifolia* indicando con ello una mayor proporción de nutrientes disueltos y disponibles para la fermentación microbiana (Ørskov y McDonald, 1979).

La fracción indegradable de la materia seca fue mayor en *G. ulmifolia* en comparación con *G. sepium* lo que puede limitar la digestión. De acuerdo a los resultados, la *G. sepium* muestra mejores parámetros de degradación ruminal, con una fracción soluble y degradable alta, fracción indegradable baja y una velocidad de degradación moderada que puede permitir una mejora utilización de otros nutrientes de la dieta como proteínas, carbohidratos, grasas por el animal (Bach *et al*., 2005).

G. ulmifolia presenta una velocidad de degradación (Kd) de 0.0660, mientras que *G. sepium* muestra un valor de 0.062. Esta Kd puede resultar en una fermentación más rápida y eficiente en el rumen, lo que favorece la producción de ácidos grasos volátiles, esenciales para el metabolismo energético de los rumiantes (Ørskov and McDonald, 1979).

Cuadro 2. Fracciones de la materia seca y velocidad de degradación de los forrajes evaluados (%).

.

Fracción	*G. ulmifolia*	*G. sepium*
Soluble (a)	34.21b	42.64a
Degradable (b)	43.72b	45.33a
Indegradable	22.07a	12.03b
Velocidad de degradación (k d/h)	0.066a	0.062a

a, b: Promedios con literal diferente entre filas, tienen diferencias estadísticas (P < 0.05).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la digestibilidad *in situ* de la materia seca de ambas especies es alta, *G. sepium* destaca por su alto porcentaje de la fracción soluble y baja fracción indigestible, por sus características nutricionales, *G. ulmifolia* y *G. sepium* son especies con potencial para producción de forraje de alta calidad nutricional en sistemas Biodiversificados.

Agradecimientos

Al INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, por facilitar las condiciones para que se llevara a cabo esta investigación.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Innovaciones tecnológicas para aumentar la productividad de carne de bovino en sistemas Biodiversificados en el trópico” financiado por el INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. Bach, A., Calsamiglia, S. and Stern, M. D. 2005. Nitrogen Metabolism in the Rumen. J. Dairy Sci., 88(E. Suppl.), E9–E21. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7.
2. Jun, F. A. G. R., Bestil, L. C. and Obitsu, T. 2023. Ruminal volatile fatty acid concentration and methane gas production in sheep (Ovis aries) fed two types of basal diets with o without Gliricidia sepium legume forage supplementation. Annals of Tropical Research 45 (2):89-101. https://doi.org/10.32945/art4525.2023.
3. Krizsan, S. J., Nyholm, L., Nousiainen, J., Karl, H. S. and Pekka, H. 2012. Comparison of in vitro and in situ methods in evaluation of forage digestibility in ruminants. Journal of animal science. 90. 3162-73. 10.2527/jas.2011-4347. Huntington, G. B. (1997). Starch utilization by ruminants: A review. Journal of Animal Science, 75(1), 295-306.
4. Nocek, J.E. 1985. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. J. Anim. Sci. 60:1347
5. Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimated of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503.
6. SAS. Statistical Analysis Software. 2011. SAS/TAT. Versión 9.3 Edition. Cary (NY): SAS Institute Inc.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE *Clitoria ternatea* BAJO DIFERENTES ARREGLOS TOPOLÓGICOS EN EL TRÓPICO MEXICANO.

Joel Ventura Ríos[1], Mario Alberto Santiago Ortega[2], Delia Margarita Olvera Aguilar[1], Iliana Barrera Martínez[3], Francisco Antonio Cigarroa Vazquez[4*]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315.
[2]Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin" Km 4.5 Carretera Tzucacab – Escondido Tzucacab, Yucatán, México. C. P. 97960.
[3]Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Guadalajara, México.
[4]Escuela de Estudios Agropecuarios Mezcalapa, Universidad Autónoma de Chiapas, Carretera Chicoasén-Malpaso, km 24.3, San Miguel El Cocal, Copainalá, Chiapas, México. C. P. 29625.

*Autor para correspondencia: antonio.cigarroa@unach.mx

Palabras clave: leguminosa forrajera, distancia siembra, altura corte

Introducción

Clitoria ternatea es una leguminosa tropical perenne de gran importancia en la agricultura por su capacidad de fijación de nitrógeno y producción de forraje de alta calidad nutricional (Oguis et al., 2019). En México, las leguminosas han sido poco aprovechadas en la alimentación animal, principalmente por falta de información científica y evaluaciones agronómicas del comportamiento de la planta (Villanueva et al., 2004; Medel et al., 2012), valor nutricional del forraje (Sosa-Montes et al., 2020) y digestibilidad (Sosa-Montes et al., 2021). Particularmente, la planta de clitoria ha sido poco estudiada en México, Villanueva et al. (2004) condujo una revisión de la agrotecnia y su aprovechamiento de este forraje para la producción de carne y leche, mientras que Medel et al. (2012), evaluaron el rendimiento de semilla de la variedad Tehuana, dado que también, conseguir semilla de alta fertilidad es un problema en el país, actualmente las empresas mexicanas Papalotla S.A de C.V. y Leguminutre, disponen de semilla de clitoria var. Tehuana, sin embargo, la información del comportamiento de este cultivo, sigue siendo limitada. La distancia entre surcos y la altura de corte son factores de manejo que pueden influir significativamente en la producción de biomasa de especies forrajeras tropicales (Baath et al., 2024). Estudios previos han demostrado que *C. ternatea* puede producir forraje de alta calidad con contenidos de proteína cruda comparables a la alfalfa (Lira et al., 2014). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes distancias entre surcos y alturas de corte sobre el rendimiento de materia seca de *C. ternatea* en condiciones del trópico mexicano.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin", Tzucacab, Yucatán (19°38' LN, 88°59' LO), durante junio a septiembre de 2021. El clima es cálido subhúmedo con precipitación acumulada de 655.9 mm durante el período experimental. Los suelos son de textura franco arcillosa con pH 7.2. Se estableció un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones: T1 (altura de corte 5 cm, distancia entre surcos 80 cm), T2 (altura de corte 10 cm, distancia entre surcos 80 cm), T3 (altura de corte 5 cm, distancia entre surcos 60 cm) y T4 (altura de corte 10 cm, distancia entre surcos 60 cm). Se utilizó semilla de *C. ternatea* var. Tehuana con 98% de pureza y 80% de viabilidad, fue adquirida de la empresa leguminutreS.A. de C.V., México. Las parcelas experimentales de 5 m² se inocularon con *Rhizobium etli* y hongos micorrícicos, las semillas fueron enterradas a una profundidad de 1.0 a 1.5 cm. 30 días después del establecimiento las parcelas fueron inoculadas con *Azospirillum brasilens*. Se aplicaron riegos de auxilio según las condiciones climáticas. Se realizó un corte de uniformidad previo a los muestreos. Se evaluó el rendimiento de materia seca (RMS) cada 8 días desde los 8 hasta los 88 días después del corte de homogeneización (DDCH) mediante muestreos destructivos. La biomasa se secó en estufa a 55°C hasta peso constante. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey (P≤0.05).

Resultados y discusión

El rendimiento de materia seca mostró diferencias significativas entre tratamientos y días de evaluación (P<0.05) y se presenta en el Cuadro 1. El tratamiento con 5 cm altura de corte y 80 cm distancia entre surcos presentó el mayor RMS con un promedio general (2301.2 ± 1789 kg MS ha⁻¹), seguido del tratamiento con la misma distancia entre surcos y con 10 cm de altura de corte (2109.5 ± 1517 kg MS ha⁻¹), ambos fueron diferentes significativamente (P<0.05) del tratamiento con 10 cm de altura de corte y 60 cm de distancia entre surcos (1242.4 ± 1173 kg MS ha⁻¹) y este a su vez similar al tratamiento con la misma distancia entre surcos y con 5 cm de altura de corte (1130.6 ± 1025 kg MS ha⁻¹).

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹) de *Clitoria ternatea* en diferentes días después del corte de homogeneización.

Días de corte	Distancia en surco / Altura de corte (cm)			
	80		60	
	5	10	5	10
8	5.7 ± 0.7	4.1 ± 0.8	5.3 ± 1.8	3.4 ± 1.0
16	133.9 ± 77.0	292.2 ± 55.9	46.1 ± 13.7	68.6 ± 35.0
24	278.7 ± 39.9	731.3 ± 383.5	121.1 ± 17.6	178.6 ± 33.5
32	900.0 ± 96.5	1189.8 ± 42.2	310.7 ± 53.4	448.4 ± 36.3
40	1813.6 ± 784.6	1751.6 ± 110.2	758.3 ± 214.9	649.6 ± 148.4
48	1996.6 ± 258.0	2122.6 ± 426.4	815.4 ± 41.7	883.3 ± 189.3
56	3546.3 ± 740.3	2588.0 ± 848.5	1291.1 ± 378.2	1244.7 ± 279.6
64	3902.5 ± 238.3	2718.5 ± 832.5	1895.1 ± 1087.0	1475.5 ± 472.8
72	4493.5 ± 196.7	4638.3 ± 320.4	2592.5 ± 619.0	3414.9 ± 363.5
80	4825.9 ± 422.9	4278.8 ± 696.1	2393.9 ± 446.2	2221.0 ± 320.6
88	3416.3 ± 595.4	2889.3 ± 369.8	2207.2 ± 253.6	3078.5 ± 196.5
Media	2301.2 ± 1789.0[a]	2109.5 ± 1517.8[a]	1130.6 ± 1025.7[b]	1242.4 ± 1173.3[b]

La distancia entre surcos de 80 cm favoreció significativamente (P<0.05) la producción de forraje en comparación con 60 cm, posiblemente debido a mejor interceptación de radiación solar y menor competencia intraespecífica. El pico máximo de rendimiento se observó a los 80 días después del corte de homogeneización con una altura de corte a los 5 cm con 4825.9 ± 422.9 kg MS ha⁻¹ y a los 10 cm de altura de corte se observó a los 72 DDCH con 4638.3 ± 320 kg MS ha⁻¹, ambos tratamientos a una distancia entre surcos de 80 cm y superando los 4000 kg MS ha⁻¹, sin embargo, los tratamientos con 60 cm de distancia entre surco fueron inferiores, obteniendo el pico máximo 3414.9 ± 363.5 kg MS ha⁻¹ para el tratamiento con 10 cm de altura de corte y por último el tratamiento con 5 cm de altura de corte con 2592.5 ± 619 kg MS ha⁻¹ ambos a los 72 DDCH.

La altura de corte de 5 cm mostró mejor respuesta productiva comparada con 10 cm en una distancia de 80 cm de siembra entre surcos, no así en la distancia de siembra de 60 cm, donde la altura de corte a 10 cm tuvo mejor comportamiento del rendimiento de la materia seca de la *clitoria ternatea*. En la figura 1, se observa el comportamiento del rendimiento de la materia seca de los tratamientos a 80 cm de distancia de siembra entres surcos aislados respecto a los tratamientos a 60 cm, observándose los mejores rendimientos a los 70 y 80 DDCH. Estos resultados indican que *C. ternatea* tiene potencial para producir forraje de calidad en el trópico mexicano, con rendimientos comparables a otras leguminosas forrajeras tropicales reportadas en la literatura (Multisona et al., 2023). La interceptación de radiación y la tasa de crecimiento fueron variables asociadas al rendimiento de forraje, siendo más eficientes en las parcelas con mayor distancia entre surcos. Los valores nutricionales de *C. ternatea* la posicionan como una alternativa viable para sistemas ganaderos del sureste mexicano (Sosa-Montes et al., 2020).

.

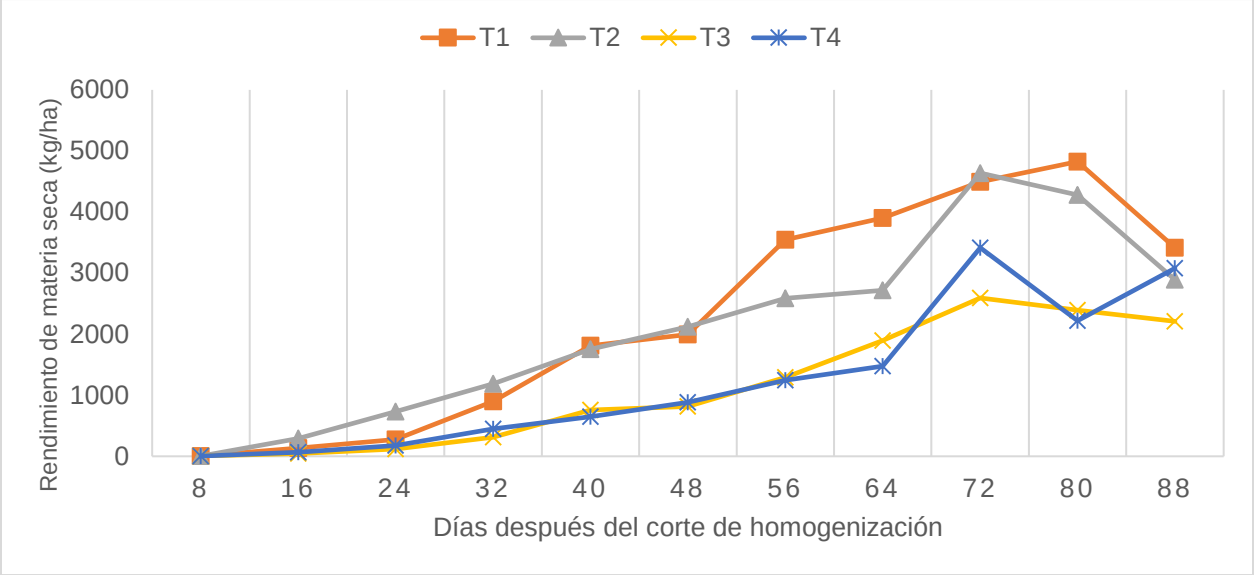


Figura 1. Rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹) de *Clitoria ternatea* en diferentes días después del corte de homogeneización.

Conclusiones

La distancia entre surcos de 80 cm y altura de corte de 5 cm resultó en el mayor rendimiento de materia seca de *C. ternatea*. El período óptimo de cosecha se estableció a los 80 días después del corte de homogeneización. Estos resultados proporcionan información técnica valiosa para optimizar el manejo agronómico de esta leguminosa forrajera en sistemas tropicales mexicanos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin" de FIRA por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

1. Baath, G. S., S. Sarkar, B. R. Sapkota, K. C. Flynn, B. K. Northup, and P. H. Gowda. 2024. Forage yield and nutritive value of summer legumes as affected by row spacing and harvest timing. *Farming System* 2(1):100069. https://doi.org/10.1016/j.farsys.2023.100069
2. Lira, M. A., M. V. F. Santos, J. C. B. Dubeux Jr., A. C. L. Mello, M. A. Lira Jr., and F. M. Ferraz. 2014. *Clitoria ternatea* L. as a potential high quality forage legume. *American Journal of Plant Sciences* 5(19):2855-2860. https://doi.org/10.4236/ajps.2014.519301
3. Multisona, R. R., S. Shirodkar, M. Arnold, and A. Gramza-Michalowska. 2023. *Clitoria ternatea* flower and its bioactive compounds: potential use as microencapsulated ingredient for functional foods. *Applied Sciences* 13(4):2134. https://doi.org/10.3390/app13042134
4. Oguis, G. K., E. K. Gilding, M. A. Jackson, and D. J. Craik. 2019. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*), a cyclotide-bearing plant with applications in agriculture and medicine. *Frontiers in Plant Science* 10:645. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00645
5. Sosa-Montes, E., A. Castillo-Gallegos, H. Jarillo-Rodríguez, M. A. Magaña-Magaña, and J. Alarcón-Zúñiga. 2020. Nutritional value of *Clitoria ternatea* in cattle feeding systems of southeastern Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 52(6):2939-2947. https://doi.org/10.1007/s11250-020-02335-3

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE UNA DIETA INTEGRAL PARA BOVINOS EN PASTOREO INTENSIVO BIODIVERSIFICADO.

Cándido Enrique Guerra-Medina[1], Josselin Valencia-Ríos[2], José de Jesús Maldonado-Méndez[1*], Orlando Reyes-Mejía[3], José Carlos Escobar-España[4]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP; [2]Estudiante Universidad del Sureste, Pijijiapan, Chiapas; [3]Estudiante, Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH; [4]Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH, Huehuetán, Chiapas.

*Autor para correspondencia: maldonado.jesus@inifap.gob.mx

Palabras Clave: alimentación, forrajes, trópico, rumiantes.

Introducción

En las regiones tropicales, la alimentación del ganado depende de la calidad y disponibilidad de forraje, que en el periodo de secas es limitado y disminuye su calidad de manera considerable. En la región Costa y Soconusco de Chiapas la ganadería que se practica es de tipo extensivo o rotacional semi intensivo y el pasto que predomina es el pasto Colocho (*Digitaria swazilandesis*), que tiene características de rápido establecimiento, buena recuperación después del pastoreo, contenido de proteína de 8 a 11% y buena aceptación por el ganado; sin embargo, disminuye notablemente su crecimiento y calidad durante el periodo de secas, lo que limita la productividad ganadera. Por lo anterior, es necesario generar nuevas alternativas para aumentar la producción y calidad de los forrajes para mejorar la nutrición y productividad del ganado, con un enfoque de sustentabilidad, rentabilidad y resiliente al cambio climático. En ese sentido la finalidad del presente estudio fue analizar la composición química y la digestibilidad *in situ* de una dieta integral compuesta por pastos, arbustivas y alimento concentrado para la alimentación de becerros en Pastoreo Intensivo Biodiversificado en el Soconusco, Chiapas.

Objetivo

Evaluar la composición química y digestibilidad *in situ* de una dieta integral para becerros de engorda en pastoreo Intensivo Biodiversificado en la región del Soconusco, Chiapas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante los meses de diciembre de 2024 a mayo de 2025 en una unidad de producción pecuaria, ubicada en el Ejido Hidalgo, municipio de Tapachula, Chiapas, México, con coordenadas geográficas 14.96 34 36 LN -92° 15´27´83 LO. Se evaluaron dos tratamientos (dietas): 1) Pasto Colocho (*Digitaria swazilandesis*) de 45 días de rebrote; 2) Dieta integral compuesta por pasto Mombaza (*Panicum maximum*) de 45 días de rebrote (65%) + *Guazuma ulmifolia* de 45 días de rebrote (20%) + concentrado al 16% de proteína cruda (15%). Aproximadamente 3 kg de forraje de 45 días de rebrote de cada especie (*Digitaria swazilandesis, Panicum maximum* y *Guazuma ulmifolia*), se depositó en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio, se cortaron con tijera a un tamaño de partícula de 2 a 3 cm, se depositaron 500 g en bolsas de papel por triplicado, se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h, las muestras secas obtenidas se molieron en molino con criba de 2 mm. Las muestras de *Panicum maximum* y *Guazuma ulmifolia* se utilizaron para elaborar la dieta integral (T2). El análisis químico proximal de las muestras de pasto *Digitaria swazilandesis* (T1) y dieta integral (T2), se realizó en un laboratorio particular, ubicado en Aguascalientes, México. Se determinó materia seca total (MST), proteína cruda (PC) mediante el método Kjeldahl, extracto etéreo (EE) por el método Soxhlet, fibra cruda (FC) por el método de Weende y cenizas (C) mediante las técnicas descritas por la AOAC (2012). La determinación de las fracciones de fibra (FDN y FDA) con el método de Van Soest et al. (1991). La digestibilidad *in situ* de la materia seca se realizó en dos vaquillas con alimentación a libre pastoreo y sal mineral a libre acceso, con fístula ruminal. Se depositaron aproximadamente 5 g de muestra seca en bolsas de poliseda de 10 x 15 cm, incubados en el rumen por 0, 6, 12, 24 y 48 h por triplicado. Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento para digestibilidad *in situ* con PROC GLM (SAS, 2011) y la comparación de medias con el procedimiento de Tukey.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra los resultados de composición química del pasto *D. swazilandesis* y la dieta integral. El contenido de proteína cruda del pasto a 45 días de rebrote fue de 10.03%; mientras que en la dieta integral fue de 16.20%. La diferencia observada se debe a que en la dieta integral se incluyó 20% de harina de *G. ulmifolia*, que a 45 días de rebrote contiene alrededor de 21% de proteína cruda, y también a que se incluyó 15% de concentrado al 16% de proteína cruda. Respecto al contenido de FDN, se observa que en la dieta integral fue de 52.06% comparado con 58.81% observado en el pasto *D. swazilandesis.* Martínez (2018), reporta valores de 16.1% de proteína en el pasto *D. swazilandesis* con tiempo de rebrote de 20 días y 5.7% de proteína cuando el tiempo de rebrote fue de 40 días.

Cuadro 1. Composición química en base materia seca del pasto *Digitaria swazilandesis* y una dieta integral Biodiversificada para bovinos en pastoreo.

Variable	*Digitaria swazilandesis*	Dieta integral Biodiversificada
Proteína cruda	10.03	16.20
Ceniza	11.77	11.82
Grasa cruda	2.61	2.99
Fibra cruda	29.41	34.69
ELN	46.18	32.94
FDA	39.66	38.95
FDN	58.81	52.06

ELN: extracto libre de nitrógeno; FDA: fibra detergente ácido; FDN: Fibra detergente neutro

El Cuadro 2 muestra la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) del pasto *D. swazilandesis* y la dieta integral Biodiversificada para bovinos en pastoreo. A la hora 0 y seis de incubación, no hubo diferencia entre tratamientos (P>0.05); mientras que en las horas 12, 24, 48 y 72, la DISMS en la dieta integral fue mayor que en el pasto *D. swazilandesis* (P<0.05). La mayor digestibilidad obtenida en la dieta integral puede estar relacionada con el mayor contenido de proteína cruda y menor contenido de FDN. Una dieta con mayor contenido de paredes celulares y menor contenido de N puede ser menos digestible; en la medida que aumenta la disponibilidad de N para los microorganismos ruminales, hay mayor síntesis de masa microbiana y aumentan las posibilidades de que las paredes celulares puedan ser degradadas por las bacterias celulolíticas y hemicelilolíticas del rumen, con mayor aporte de energía y mayor flujo de masa microbiana al estómago del rumiante (Bach *et al.,* 2005), lo que resulta en mayor ganancia de peso en becerros. Por lo anterior, una dieta integral con mayor contenido de proteína, minerales y menor contenido de FDN, aporta mayor contenido de nutrientes digestibles totales para el rumiante.

Cuadro 2. Digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) del pasto *Digitaria swazilandesis* y una dieta integral Biodiversificada para bovinos en pastoreo (%).

Tiempo de incubación (h)	D. swazilandesis	Dieta integral	EEM
72	64.91b	70.86a	0.87
48	51.00b	62.04a	0.72
24	51.93b	59.06a	2.50
12	39.53b	43.04a	0.82
6	35.00a	35.60a	1.91
0	14.08a	15.86a	4.10

a, b: literales diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey (P<0.05); EEM: error estándar de la media.

.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio muestran que el pasto *Digitaria swazilandesis* de 45 días de rebrote contiene menor contenido de proteína y mayor contenido de FDN que la dieta integral Biodiversificada que incluye pasto Mombaza (*Panicum maximum*) + harina de *Guazuma ulmifolia* y concentrado al 16% de proteína. Por estas características de composición química, la dieta integral tuvo mayor digestibilidad *in situ* de las 12 a las 72 horas de incubación. Los resultados indican que una dieta con mayor contenido de proteína cruda y menor contenido de FDN tiene mayor digestibilidad *in situ* de la materia seca y mayor aporte de nutrientes para el animal, por ello puede ser una alternativa para la alimentación de becerros en el trópico húmedo durante el tiempo de estiaje.

Agradecimientos

Al INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, por facilitar las condiciones para que se llevara a cabo esta investigación.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Innovaciones tecnológicas para aumentar la productividad de carne de bovino en sistemas Biodiversificados en el trópico” financiado por el INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. AOAC. (2012). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical. Official Methods of Analysis (19th Edition). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Mary Land, USA. Chapter 4: 1-44.
2. Bach, A., Calsamiglia, S. & Stern, M.D. (2005). Nitrogen metabolism in the rumen. J. Dairy Sci. 88: 1
3. Martínez, J. (2018). Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica.
4. SAS. (2011). User, s Guide: Statistics, version 8.0. Ed. SAS Institute, Inc., Cary N.C.
5. Van-Soest, P. J., Roberton, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74, 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

RESPUESTA PRODUCTIVA DE BECERROS EN PASTOREO INTENSIVO BIODIVERSIFICADO.

Cándido Enrique Guerra-Medina[1], Orlando Reyes-Mejía[2], José de Jesús Maldonado-Méndez[1*], Josselín Valencia-Ríos[3]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP; [2]Estudiante, Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH, Huehuetán, Chiapas, [3]Estudiante Universidad del Sureste, Pijijiapan, Chiapas.

*Autor para correspondencia: maldonado.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave: alimentación, forrajes, trópico, bovinos

Introducción

La producción de carne de bovino en México tiene importancia económica, social y ambiental, gran parte de los becerros que llegan a los corrales de engorda proviene de las regiones tropicales; sin embargo, en los últimos años los productores de estas regiones se ven obligados a vender los becerros con peso vivo promedio entre 150 a 280 kg por la escasez de forraje para alimentarlos durante el periodo de estiaje, a la baja carga animal y la baja ganancia de peso de los becerros.

Los sistemas de producción tradicional, desde finales de la década de 1970 se han basado en pastoreo extensivo de especies introducidas en monocultivo, con efectos negativos en la transformación del agroecosistema. En el periodo 1980 a 2007 la superficie de selva húmeda pasó de 17.2 millones de ha a 9.2 millones, una gran superficie asociada a la producción ganadera; en este proceso se eliminaron especies forrajeras nativas de alto potencial forrajero y valor nutricional, en consecuencia, se tiene baja productividad (REDGATRO, 2015). La productividad de carne de bovino en pastoreo no ha aumentado en los últimos 60 años, constituye un reto y área de oportunidad para incrementar la productividad, que repercuta en beneficios ambientales, sociales y económicos en las regiones tropicales. Por lo anterior, el uso de especies forrajeras arbustivas y leguminosas represente una alternativa en la alimentación de bovinos, para aumentar el aporte de proteína de la pradera, la producción de biomasa, el consumo de materia seca, el contenido de proteína y la digestibilidad.

Objetivo

Evaluar la respuesta productiva de becerros de engorda en pastoreo intensivo Biodiversificado en la región del Soconusco, Chiapas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante los meses de junio de 2024 a mayo de 2025 en una unidad de producción pecuaria, ubicada en el Ejido Hidalgo, municipio de Tapachula, Chiapas, México, con coordenadas geográficas 14.96 34 36 LN -92° 15´27´83 LO. Se evaluaron dos tratamientos (Cuadro 1), con 10 repeticiones por tratamiento: 1) Becerros en pastoreo en pradera de Pasto Colocho (*Digitaria swazilandesis*) de 45 días de rebrote; 2) Becerros en pastoreo de pradera Biodiversificada compuesta por pasto Mombaza (*Panicum maximum*) de 45 días de rebrote + *Guazuma ulmifolia* de 45 días de rebrote + concentrado al 16% de proteína cruda (1.0 kg becerro^{-1} día^{-1}). Los becerros del T1 se alimentaron en pradera de pasto *D. swazilandesis* en pastoreo rotacional, 15 días de ocupación y 45 días de recuperación, se asignó sal mineral a libre acceso y agua limpia todo el tiempo. Los becerros de T2 se alimentaron en pradera compuesta por pasto Mombaza (*P. maximum*) + *Guazuma ulmifolia*; para ello la pradera se estableció en el mes de junio de 2024. El pasto Mombaza se estableció por semilla botánica a una densidad de 5 kg por ha en callejones de 10 m, la *G. ulmifolia,* plantas de tres meses de edad se establecieron en doble hilera en arreglo 1.5 m x 1.5 m a una densidad de 1,600 plantas por ha entre los callejones de pasto. A los cinco meses del establecimiento se dio el primer pastoreo, después se dio corte de uniformidad, al pasto a 30 cm de altura y la *G. ulmifolia* a 1.20 m de altura; posteriormente el manejo del pastoreo consistió en dos días de ocupación y 44 días de recuperación en pastoreo intensivo rotacional utilizando cerco eléctrico. Además, se asignó un concentrado al 16% de proteína cruda en razón de 1.0 kg animal^{-1} día^{-1}, la mitad por la mañana (7:00 h), la mitad por la tarde (13:00 h), y tuvieron agua limpia disponible todo el tiempo. El periodo de engorda fue de 109 días durante los meses de enero de 2025 a mayo de 2025. Al inicio del periodo experimental, a los becerros se administró un desparasitante por vía oral a dosis de 2.0

mL por cada 45 kg de peso vivo (cada mL contiene: albendazol 0.13 g, sulfato de cobalto 0.01 g) y vitaminas ADE a razón de 5.0 mL por becerro por vía intramuscular (cada 5 mL contienen: vitamina A 500,000 UI, vitamina D3 75,000 UI, vitamina E 50 UI). Al inicio y al final del periodo experimental se registró el peso individual de los becerros por la mañana (7:00 h) con una báscula con capacidad de 1000 kg y precisión de 0.1 kg.

El análisis químico proximal de las muestras de pasto *Digitaria swazilandesis* (T1) y dieta integral (T2), se realizó en un laboratorio particular, ubicado en Aguascalientes, México. Se determinó materia seca total (MST), proteína cruda (PC) mediante el método Kjeldahl, extracto etéreo (EE) por el método Soxhlet, y cenizas (C) mediante las técnicas descritas por la AOAC (2012). La determinación de las fracciones de fibra (FDN y FDA) con el método de Van Soest et al. (1991). Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento con PROC GLM (SAS, 1999) y la comparación de medias con el procedimiento de Tukey.

Resultados y discusión

El Cuadro 1 muestra los resultados de composición química del pasto *D. swazilandesis* y la dieta integral. El contenido de proteína cruda del pasto a 45 días de rebrote fue de 10.03%; mientras que en la dieta integral fue de 16.20%. La diferencia observada se debe a que en la dieta integral se incluyó 20% de harina de *G. ulmifolia*, que a 45 días de rebrote contiene alrededor de 21% de proteína cruda, y también se incluyó 15% de concentrado al 16% de proteína cruda. Respecto al contenido de FDN, se observa que en la dieta integral fue de 52.06% comparado con 58.81% observado en el pasto *D. swazilandesis.*

Cuadro 1. Proporción de ingredientes y composición química en base materia seca del pasto *Digitaria swazilandesis* y una dieta integral Biodiversificada para bovinos en pastoreo.

Componente	Dieta *D. swazilandesis*	Dieta integral Biodiversificada
	% de la dieta	
Pasto *D. swazilandesis*	99.0	0.0
Sal mineral	1.0	0.0
Pasto Mombaza	0.0	65.0
Guazuma ulmifolia	0.0	20.0
Concentrado 16% de proteína	0.0	15.0
Nutriente	Composición química de las dietas (g por 100 g)	
Proteína cruda	10.03	16.20
Ceniza	11.77	11.82
Grasa cruda	2.61	2.99
FDA	39.66	38.95
FDN	58.81	52.06

FDA: fibra detergente ácido; FDN: Fibra detergente neutro

El Cuadro 2 muestra los resultados en la respuesta productiva de becerros en pastoreo; no hubo diferencia en el peso vivo inicial entre tratamientos ($P>0.05$); pero el peso vivo final, el cambio de peso vivo y la ganancia diaria de peso fue mayor en los becerros alimentados en pastoreo intensivo en pradera Biodiversificada ($P<0.05$). Se observa que el diferencial en la ganancia diaria de peso fue de 0.272 kg becerro^{-1} día^{-1} y el diferencial en el peso vivo en el periodo de engorda fue de 40.20 kg más en los becerros que consumieron la dieta Biodiversificada; además la pradera de pasto *D. swazilandesis* soportó una carga de tres becerros por ha; mientras que en la pradera Biodiversificada la carga fue de ocho becerros por ha, y el diferencial en kg de peso vivo ganado por ha por día fue de más 4.32 kg. Resultados obtenidos de becerros en pastoreo muestran que la ganancia diaria durante 90 días de evaluación fue de 0.398 kg (Graillet *et al*., 2014); en toretes en pradera de *Brachiaria brizantha* en sistema rotacional la ganancia diaria fue de 0.500 kg (Oliveira *et al*., 2021).

Cuadro 2. Respuesta productiva de becerros en pastoreo intensivo Biodiversificado en el Soconusco, Chiapas.

Variable	*Becerros dieta D. swazilandesis*	Becerros Dieta integral Biodiversificada	EEM
Peso vivo inicial (kg)	201.50a	210.70a	27.53
Peso vivo final (kg)	247.10b	287.30a	35.23
Cambio de peso vivo (kg)	45.60b	76.60a	11.32
Ganancia diaria de peso (kg día^{-1})	0.430b	0.702a	0.104
Becerros por ha	3.0	8.0	ND
Incremento de peso vivo (kg ha^{-1} día^{-1})	1.29	5.61	ND
Diferencia (kg ha^{-1} día^{-1})		+ 4.32	

a, b: literales diferentes en la misma fila son estadísticamente diferentes de acuerdo con Tukey ($P<0.05$); EEM: error estándar de la media.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio muestran que la dieta integral para becerros en pastoreo intensivo Biodiversificado tiene mayor contenido de proteína cruda y menor contenido de FDN en comparación con la dieta basada en pasto *D. swazilandesis*. La respuesta productiva muestra que los becerros alimentados con la dieta integral Biodiversificada tuvieron mayor incremento de peso vivo durante el periodo de engorda, y mayor incremento de peso vivo por ha por día como resultado de la mayor carga animal por ha y la mayor ganancia diaria de peso. La engorda de becerros en pastoreo intensivo Biodiversificado basado en pasto Mombaza, *Guazuma ulmifolia* y concentrado, representa una alternativa mara aumentar la productividad y conservación de especies nativas en las regiones tropicales de México.

Agradecimientos

Al INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, por facilitar las condiciones para que se llevara a cabo esta investigación.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Innovaciones tecnológicas para aumentar la productividad de carne de bovino en sistemas Biodiversificados en el trópico” financiado por el INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. AOAC. (2012). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical. Official Methods of Analysis (19th Edition). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Mary Land, USA. Chapter 4: 1-44.
2. Graillet, J. E. M., R. R. J. Arieta, G. M. C. Aguilar. G. L. C. Alvarado, O. N. Rodríguez. (2014). Ganancia de peso diario en toretes de iniciación en pastoreo suplementados con bloques nutricionales. Revista Electrónica Veterinaria. 18 (01). http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010117.html
3. Oliveira, S. S., S. R. Rodríguez, S. A. Ferreira, B. R. Paiva. (2021). Manejo nutricional de novillos criados en pastoreo y en corral: efectos en el consumo, digestibilidad, rendimiento y viabilidad económica. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 12 (1): 105-119.
4. Red de Investigación e Innovación Tecnológica para la Ganadería Bovina Tropical. (2015). Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. 270 p.
5. SAS. (1999). User, s Guide: Statistics, version 8.0. Ed. SAS Institute, Inc., Cary N.C.
6. Van-Soest, P. J., Roberton, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74, 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE PASTOS CON 6-BENCILAMINOPURINA Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN Y EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS.

David Trujillo-García[1], Ebandro Uscanga-Mortera[1], Carlos Trejo[1], Alheli E. Román-Alba, Edith Ramírez-Segura[2*].

[1]Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, Carretera Federal México-Texcoco km 36.5 Montecillo, 56264 Texcoco de Mora, México. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF), Km 8.5, Lagos de Moreno - San Luis Potosí, 47540 Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México.

*Autor para correspondencia: ramirez.edith@inifap.gob.mx

Palabras clave: 6-Bencilaminopurina, acondicionamiento, pastos

Introducción

Las regiones áridas y semiáridas de México enfrentan serias limitaciones agrícolas por la precipitación escasa (250 y 500 mm anuales), la evapotranspiración alta y los suelos de baja fertilidad. Entre las limitaciones agrícolas está el desarrollo de cultivos forrajeros. Algunas especies logran sobrevivir a esas condiciones con adaptaciones fisiológicas y morfológicas: reducción del área foliar, presencia de tricomas, tallos suculentos, cutículas gruesas, raíces profundas, cierre de estomas, metabolismo C4, presencia de latencia en sus semillas; sin embargo, el desarrollo de estas especies no es el óptimo. En este contexto, las fitohormonas y reguladores de crecimiento son compuestos potenciales para incrementar el porcentaje de la germinación y mejorar el desarrollo de plantas en las condiciones antes mencionada. La 6-bencilaminopurina (6-BAP) una citoquinina sintética, ha mostrado un potencial para estimular la división celular y el crecimiento en etapas tempranas del desarrollo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del acondicionamiento de semillas con 6-BAP en la germinación, el crecimiento del vástago y el sistema radical en cuatro especies de pastos forrajeros.

Materiales y métodos

Sitio experimental y especies vegetales. El experimento se realizó en el Posgrado en Botánica del Colegio de Postgraduados. Se usaron cuatro especies forrajeras de la región árida y semiárida del centro de México: *Bouteloua gracilis* (navajita), *Disakisperma dubium* (gigante), *Pennisetum ciliare* (buffel) y *Eragrostis superba* (garrapata). Plantas recolectadas en campo se sembraron en macetas en invernadero para obtener semilla. Cuando las plantas fructificaron, se seleccionaron cariópsides enteros y libres de daño. Se realizaron dos experimentos. **Experimento de germinación**. Las cariópsides se acondicionaron con tres concentraciones de 6-bencilaminopurina (6-BAP): 0 (agua destilada), 10^{-7} y 10^{-5} M durante 6 h, posteriormente, se secaron en sílica gel. El acondicionamiento y las especies se consideraron tratamientos (factorial), los cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Las cariópsides se pusieron a germinar en cajas Petri con papel filtro húmedo a 25 ± 2 °C en obscuridad por siete días y se registró el número de semillas germinadas. **Experimento de crecimiento**. Semillas acondicionadas de cada especie se sembraron en tubos de PVC (5 x 25 cm) con tierra agrícola y se colocaron en cámara de ambiente controlado (intensidad de luz de 600 µmol m^{-2} s^{-1} y un fotoperiodo de 12 h). Semillas acondicionadas con cada concentración de cada especie se consideró un tratamiento (arreglo factorial), de tal forma que se tuvieron 12 tratamientos. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. La unidad experimental consistió de cinco platas. A los 60 días después de la siembra se determinó: el número de macollos por planta, el peso seco del vástago y de la raíz, y longitud del sistema radical. Análisis estadístico. En los experimentos se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de medias (Tukey, α=0.05) con el paquete estadístico SAS (2013).

Resultados y discusión

Experimento de germinación. En el porcentaje de germinación se observó un efecto altamente significativo por la especie. Los porcentajes mayores por especie se registraron en *Disakisperma dubium,* gigante (88.3%) y *Bouteloua gracilis,* navajita (85 %), mientras que *Eragrostis superba* (garrapata) presentó el valor más bajo (14%). En la interacción especie x concentración de 6-BAP se observó diferencia ($P \leq 0.05$). Los tratamientos *Disakisperma dubium* + agua destilada y *Bouteloua gracilis* + agua destilada

superaron el 90%, y el *Eragrostis superba* + 6-BAP 10^{-5} M 8% en la germinación. Históricamente, las citoquininas han tenido un efecto positivo en la germinación de semillas; sin embargo, es importante también enfatizar que el efecto de estos reguladores de crecimiento es dependiente de la especie e inclusive del cultivar (Ghobadi *et al*., 2012). **Experimento de crecimiento**. En el número de macollos, tanto la especie como la concentración de 6-BAP mostraron efectos significativos (P ≤ 0.05), pero no su interacción. *Disakisperma dubium* y *Eragrostis superba* presentaron el mayor número de macollos (5 y 4 macollos, respectivamente). El tratamiento *Disakisperma dubium* + 6-BAP 10^{-5} M generó el mayor número de macollos (5); mientras que *Pennisetum ciliare* + agua destilada registró solo uno. Este resultado puede estar relacionado con la capacidad de las citoquininas para romper la dominancia apical e inducir el desarrollo de yemas laterales (Taiz *et al*., 2023); Koprna *et al*., 2020). En el peso seco de vástago**,** la especie mostró un efecto significativo (P ≤ 0.05). *Pennisetum ciliare* presentó el peso seco del vástago mayor (95 mg) y *Disakisperma dubium* el menor (47 mg). La interacción especie x la concentracion de 6-BAP no presentó diferencia significativa (P< 0.05). Taiz *et al*. (2023) mencionaron que la citoquinina en una concentración baja estimula el crecimiento foliar, asociado a la promoción de división celular en meristemos aéreos; sin embargo, las concentraciones en esta investigación no fueron los suficientemente bajas para causar los efectos mencionados (Figura 1 A y B).

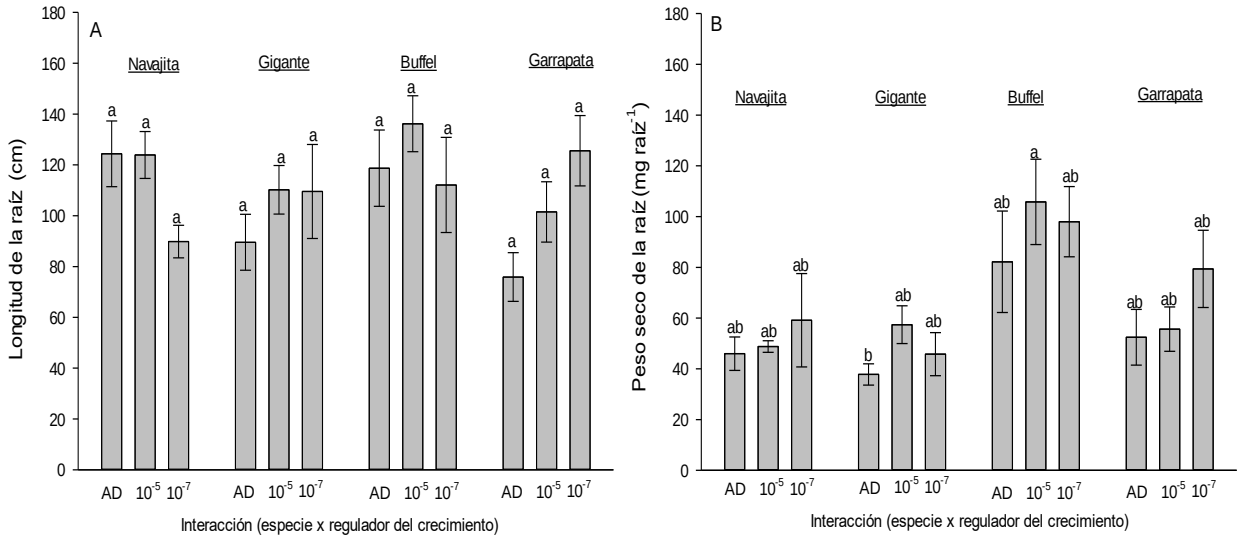


Figura 1. Número de macollos (A) y peso seco del vástago (B) de cuatro especies de pastos ± error estándar (n= 5) provenientes de semillas acondicionadas con 6-BAP 10^{-5} y 10^{-7} M. Letras arriba de las barras indican diferencias significativas (Tukey α = 0.05), AD (agua destilada).

En la longitud de la raíz, no se observaron efectos significativos por parte de la especie y la concentración de 6-BAP (P ≤ 0.05). *Pennisetum ciliare* + 6- BAP 10^{-5} M presentó la longitud mayor (136 cm), seguido de *Eragrostis superba* + 6 BAP 10^{-7} M (126 cm). En el peso seco de la raíz, la especie mostró efecto significativo (P ≤ 0.05). *Pennisetum ciliare* presentó el valor mayor (138 mg), seguido de *Eragrostis superba* (119 mg). Mientras que *Disakisperma dubium* (65 mg) y *Bouteloua gracilis* (56 mg) presentaron los valores más bajos. La combinación *Pennisetum ciliare* + 6-BAP 10^{-7} M obtuvo el mayor valor (106 mg), y el tratamiento *Disakisperma dubium* + agua destilada tuvo el menor (39 mg). Estos resultados coinciden con lo reportado por autores como Mansoorkhani *et al*. (2014), quienes relacionan una acumulación de mayor peso seco de la raíz en condiciones hormonales adecuadas, especialmente en especies con arquitectura radical densa (Figura 2 A y B).

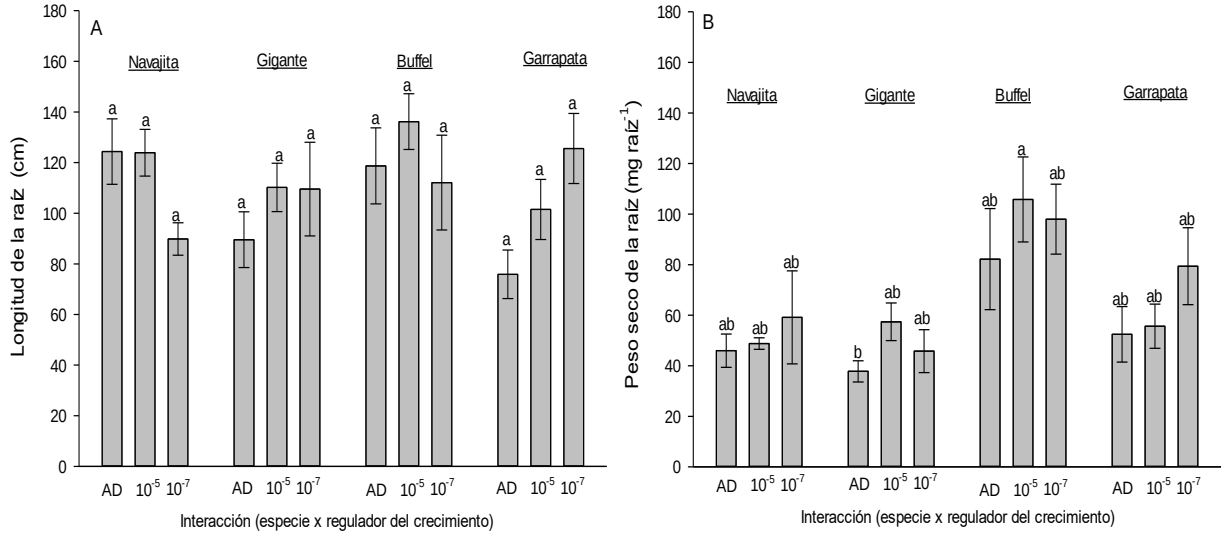


Figura 2. La longitud de la raíz (A) y peso seco de la raíz (B) de cuatro especies de pastos ± error estándar (n= 5) provenientes de semillas acondicionadas con 6-BAP 10^{-5} y 10^{-7} M. Letras arriba de las barras indican diferencias significativas (Tukey α = 0.05), AD (agua destilada).

Conclusión

La especie tuvo un impacto en el desarrollo vegetal, sobresaliendo *Pennisetum ciliare* y *Disakisperma dubium*. La aplicación de citoquinina a una concentración de 10^{-5} M incrementó el número de macollos, en especial *Disakisperma dubium* + 6-BAP 10^{-5}. Estos resultados subrayan la importancia de un manejo hormonal de acuerdo a la especie y etapa fenológica como estrategia para mejorar el establecimiento de plántulas en los pastizales y maximizar la producción forrajera.

Referencias bibliográfias

1. Ghobadi, M., Shafiei Abnavi, M., Jalali-Honarmand, S., Mohammadi, G. R. & Ghobadi, M. E. (2012). Effects of seed priming with some plant growth regulators (cytokinin and salicylic acid) on germination parameters in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Technology*, 8(7), 2157-2167.
2. Koprna, R., Humplík, J. F., Špíšek, Z., Bryksová, M., Zatloukal, M., Mik, V. & Doležal, K. (2020). Improvement of tillering and grain yield by application of cytokinin derivatives in wheat and barley. *Agronomy*,*11*(1), 67.
3. Mansoorkhani, F. M., Seymour, G., Swarup, R., Bagheri, H. M., Ramsey, R. & Thompson, A. (2014). Environmental, developmental, and genetic factors controlling root system architecture. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 30(2), 95-112. https://doi.org/10.1080/02648725.2014.995912
4. Taiz, L., Møller, I. M., Murphy, A. & Zeiger, E. (2023). Plant Physiology and Development. Sinauer Associates.

COMPORTAMIENTO DIURNO DE BECERROS EN PASTOREO INTENSIVO EN UN SISTEMA BIODIVERSIFICADO.

Cándido Enrique Guerra-Medina[1], Josselín Valencia-Ríos[2], José de Jesús Maldonado-Méndez[1*], Orlando Reyes-Mejía[3], Robert Alexis Cobón-Flores[3]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP; [2]Estudiante Universidad del Sureste, Pijijiapan, Chiapas; [3]Estudiante, Facultad de Ciencias Agrícolas, UNACH, Huehuetán, Chiapas.

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: forrajes, arbustivas, alimentación, trópico.

Introducción

En la región tropical de México, los becerros para engorda en repasto, provienen en su mayoría del sistema de Doble Propósito, la alimentación se basa en pastoreo extensivo en pastizales de especies nativas o introducidas sin suplementación. El comportamiento diurno de becerros en pastoreo depende de diversos factores entre ellos, las especies forrajeras, la disponibilidad de biomasa, la altura de la especie forrajera al momento del pastoreo, la madurez y grado de lignificación del forraje disponible, la intensidad del pastoreo, el uso del cerco eléctrico, la disponibilidad, calidad, temperatura y distancia al agua, la disponibilidad de sombra, la calidad y disponibilidad de suplemento. Cuando hay efecto por la baja disponibilidad de biomasa y baja digestibilidad, los tiempos de pastoreo diario varían entre 6 a 11 horas, los tiempos de rumia también son altos debido a los altos contenidos de fibra en la dieta (Villanueva *et al.,* 2019; Van Soest,1994). Para la engorda de becerros en pastoreo, tomar en cuenta la diversidad de especies forrajeras, la disponibilidad de forraje de mayor calidad nutricional, el acceso a suplementos y factores del ambiente como la disponibilidad de sombra y agua de calidad, influyen en el coportamiento del animal y la respuesta productiva. La engorda de becerros de repasto, en pastoreo intensivo rotacional en un Modelo Biodiversifiado con especies nativas de alta calidad nutricional entre ellas pastos, arbustivas, arbóreas y leguminosas adaptadas a las condiciones climáticas, representa una alternativa para aumentar la productividad de carne de bovino, en la región tropical de México. El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento diurno de becerros es pastoreo intensivo en una pradera Biodiversificada en la región del Soconusco, Chiapas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante los meses de junio de 2024 a mayo de 2025 en una unidad de producción pecuaria, ubicada en el Ejido Hidalgo, municipio de Tapachula, Chiapas, México, con coordenadas geográficas 14.96 34 36 LN -92° 15´27´83 LO. Se evaluaron dos tratamientos, con cinco repeticiones por tratamiento: 1) Becerros en pastoreo en pradera de Pasto Colocho (*Digitaria swazilandesis*) de 45 días de rebrote; 2) Becerros en pastoreo de pradera Biodiversificada compuesta por pasto Mombaza (*Panicum maximum*) de 45 días de rebrote + *Guazuma ulmifolia* de 45 días de rebrote + concentrado al 16% de proteína cruda (1.0 kg becerro-1 día-1). Los becerros del T1 se alimentaron en pradera de pasto *D. swazilandesis* en pastoreo rotacional, 15 días de ocupación y 45 días de recuperación, se asignó sal mineral a libre acceso y agua limpia todo el tiempo. Los becerros de T2 se alimentaron en pradera compuesta por pasto Mombaza (*P. maximum*) + *Guazuma ulmifolia*; para ello la pradera se estableció en el mes de junio de 2024. El pasto Mombaza se estableció por semilla botánica a una densidad de 5 kg por ha en callejones de 10 m, la *G. ulmifolia*, plantas de tres meses de edad se establecieron en doble hilera en arreglo 1.5 m x 1.5 m a una densidad de 1,600 plantas por ha entre los callejones de pasto. A los cinco meses del establecimiento se dio el primer pastoreo, después se dio corte de uniformidad, al pasto a 30 cm de altura y la *G. ulmifolia* a 1.20 m de altura; posteriormente el manejo del pastoreo consistió en dos días de ocupación y 44 días de recuperación en pastoreo intensivo rotacional utilizando cerco eléctrico. Además, se asignó un concentrado al 16% de proteína cruda en razón de 1.0 kg animal^{-1} día^{-1}, la mitad por la mañana (7:00 h), la mitad por la tarde (13:00 h), y tuvieron agua limpia disponible todo el tiempo. Al inicio del periodo experimental, a los becerros se administró un desparasitante por vía oral a dosis de 2.0 mL por cada 45 kg de peso vivo (cada mL contiene: albendazol 0.13 g, sulfato de cobalto 0.01 g) y vitaminas ADE a razón de 5.0 mL por becerro por vía intramuscular (cada 5 mL contienen: vitamina A 500,000 UI, vitamina D3 75,000 UI, vitamina E 50 UI). Se realizaron observaciones continuas por un periodo de 12 horas de las

07:00 a las 19:00 horas, con cinco animales para determinar la conducta en pastoreo. Se registraron los tiempos dedicados a las siguientes actividades: consumiendo pasto, comiendo *Guazuma*, caminando, hechado (descanso), rumiando, caminando al agua, tomando agua, parado sin actividad, caminando al corral y consumiendo suplemento (Suárez *et al*., 2012; Patiño *et al.* 2008).

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento con las siguientes actividades: consumiendo pasto, comiendo *Guazuma*, caminando, hechado (descanso), rumiando, caminando al agua, tomando agua, parado sin actividad, caminando al corral y consumiendo suplemento. Dado que la variable es de tipo ordinal, se hizo la transformación de datos usando raíz cuadrada, buscando una normalización de los datos. El análisis de varianza se realizó a través del procedimiento GLM (SAS, 2020).

Resultados

Los resultados para las variables de comportamiento ingestivo diurno se presentan en la Figura 1, los tiempos dedicados al consumo de pasto en el pasto colocho fue de 5.16 horas no se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con respecto al tiempo de pastoreo en el sistema Biodiversificado con una duración de 5.48 horas. Sin embargo, estos becerros tuvieron acceso a *Guazuma ulmifolia*, al cual dedicaron 1.44 horas de pastoreo sumando en total 6.92 horas en promedio. Esta actividad, está asociada con la búsqueda de zonas de alimentación por tal razón; cuando los animales pastorean en potreros pequeños, no realizan una labor intensa en búsqueda de forraje, resultado atribuido a la distribución uniforme del forraje (Suarez, *et. al.*, 2011).

Para seleccionar el forraje disponible ocuparon más tiempo caminando ($P \leq 0.05$) 0.70 horas que en el pastoreo de pasto colocho, 0.12 horas, estos animales permanecieron más tiempo en descanso, hechados 1.48 horas y rumiando 1.26 horas que en el sistema Biodiversificado que pasaron 0.92 horas en descanso y no rumiaron durante el día. De acuerdo con Van Soest, (1994) este comportamiento está influido por la naturaleza de la dieta y parece ser proporcional al contenido de pared celular de los forrajes que en el caso del pasto colocho es más fibroso y con menor disponibilidad de biomasa forrajera, los bovinos se adaptan a diferentes condiciones de alimentación, manejo y ambiente, modificando sus parámetros de comportamiento ingestivo para alcanzar y mantener un cierto nivel de consumo, compatible con los requerimientos nutricionales (Hodgson,1990).

Caminando al agua el tiempo fue de 0.02 horas en el pastoreo de pasto colocho, menor que en el sistema Biodiversificado que fue de 0.51 horas con mayor tiempo para beber agua, en consecuencia, el tiempo para consumir agua fue mayor 0.09 horas que en el pasto colocho con 0.06 horas. Además, pasaron más tiempo parados sin actividad 0.50 horas que en el sistema Biodiversificado con 0.20 horas, en este sistema los animales fueron suplementados, el tiempo que ocuparon para caminar al corral fue de 0.33 horas y consumiendo el suplemento fue de 0.37 horas.

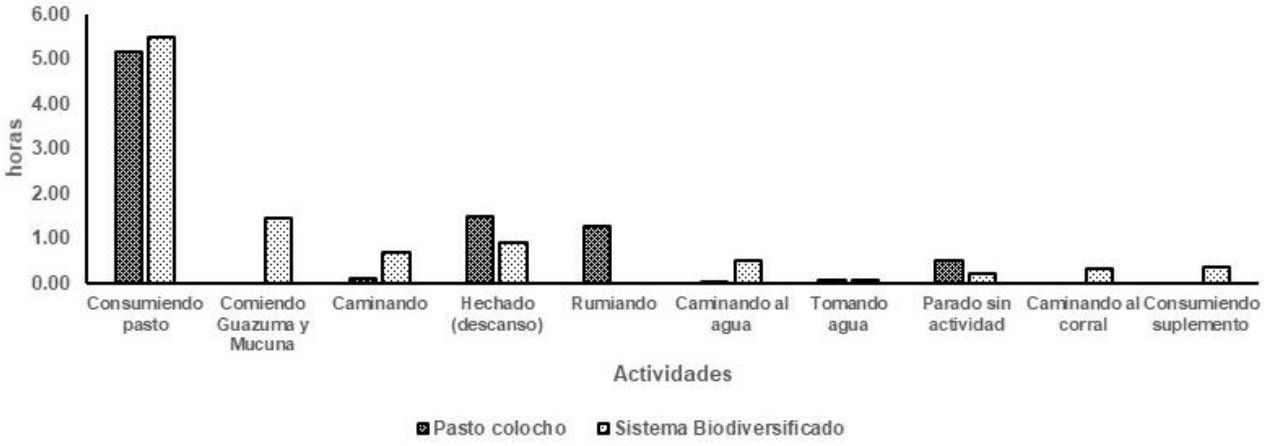


Figura 1. Tiempo (horas) dedicado a actividades de comportamiento diurno de bovinos en pastoreo extensivo de pasto colocho y en pastoreo intensivo de un sistema Biodiversificado.

Conclusiones

El comportamiento diurno de becerros en pastoreo intensivo Biodiversificado observado, indica que la inclusión de especies arbustivas como *Guazuma ulmifolia,* tiene efecto en el tiempo dedicado al consumo de esta especie que fue de 1.44 horas; sin embargo para seleccionar el follaje y ramonear, dedicaron más tiempo para caminar que los becerros en pastoreo de *D. swazilandesis* y menos tiempo para el descanso y rumia. Al incluir la *Guazuma ulmifolia* entre los forrajes disponibles para la alimentación de bovinos, se incrementa el tiempo de pastoreo y la diversidad de forrajes consumidos, esto asociado a la mayor disponibilidad de nutrientes de la dieta puede mejorar la respuesta productiva de becerros. La alimentación de becerros en pastoreo Intensivo Biodiversificado puede ser una alternativa para mejorar el consumo de nutrientes y la productividad de becerros en las regiones tropicales.

Agradecimientos

Al INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, por facilitar las condiciones para que se llevara a cabo esta investigación.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Innovaciones tecnológicas para aumentar la productividad de carne de bovino en sistemas Biodiversificados en el trópico” financiado por el INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. Hodgson, J. 1990. Grazing management science into practice. Longman Scientific & Technical. ISBN 0582450101. 203 p.
2. Patiño, P. R., González, M. K., Porras, S. F., Salazar, R. L., Villalba, S. C y Gil, B. J. (2008). Comportamiento ingestivo diurno y desempeño de novillos en pastoreo pertenecientes a tres grupos genéticos durante dos épocas climáticas. Livest Res Rural Dev; 20(36).
3. SAS. Statistical Analysis Software. (2020). SAS/TAT. Versión 9.3 Edition. Cary (NY): SAS Institute Inc.
4. Suárez, P, Emiro, R. G., Sony, D., García, E., Pastrana, F., Cuadrado, C. y Espinosa, C. (2012). Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. Cienc Tecnol Agropec 13: 207-212. doi :10.21930/rcta.vol13_num2_art:257
5. Suárez, E P., Reza, S. G., García, F. C. Pastrana, I. V. y Díaz, E. A. (2011). Comportamiento ingestivo diurno de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2011) 12(2), 167-174
6. Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. 2a ed. Ithaca, NY: Cornell University Press. 476 p.
7. Villanueva, P. C., Díaz, E. V., Chay, C. A., Ramírez, A. I., Casanova, I. F., Oros, O. I. (2019) Comportamiento productivo e ingestivo de ovinos en crecimiento en sistemas silvopastoriles y de engorda en confinamiento. Rev. Mex. Cien. Pec. 10 (4): 870-884.

POTENCIAL FORRAJERO DE CUATRO ESPECIES LEGUMINOSAS EN EL CICLO DE VERANO EN LA IGUALA GUERRERO.

Filiberto Anzures-Olvera[1*], Oscar M. Antúnez-Ocampo[1], Daniel Hernández Valenzuela[2], Edgar Jesús Delgado-Núñez[2] y Fernando Edgar Martínez-Silva[3].

[1]Campo Experimental Iguala-INIFAP, Iguala de la Independencia, Guerrero. México. C.P. 40000. [2]Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala de la Independencia, Guerrero. México. C.P. 40101. [3]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca. México. C.P. 68200.

*Autor para correspondencia: anzures.filiberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: leguminosas tropicales, ganadería, productividad.

Introducción

Ante el crecimiento poblacional exponencial de las últimas décadas la demanda de proteína animal se ha incrementado. En este sentido la ganadería se ha visto envuelta en un proceso de intensificación del sistema de producción, pero también ha obligado a buscar opciones que permitan incrementar la eficiencia alimentaria en los animales, a partir de la implementación de mejores tecnologías, pero con menor impacto negativo en el medio ambiente. Una de las alternativas para mejorar la nutrición en los rumiantes es la inclusión de leguminosas como fuente de proteína, lo que incrementa la disponibilidad de alimento, principalmente en regiones donde la sequía afecta negativamente la oferta de alimento (Peters *et al*., 2011). Es por lo que las leguminosas representan un suplemento de interés en la ganadería, durante periodos de sequías prolongados (Castro-Rincón *et al*., 2024).

Diversos estudios han demostrado que las leguminosas brindan importantes aportes (forraje y grano) como fuentes alimenticias con alto contenido proteico, para los animales. En la búsqueda de fuentes de alimento con alto contenido de proteína, las leguminosas *Cajanus cajan*, *Lablad purpúreos*, *vigna unguiculata* y *Clitoria ternatea* han resultado promisorias para los sistemas ganaderos (Peters *et al*., 2011; Castro-Rincón *et al*., 2024). Cajanus c. ha sido catalogada como un material de gran interés para la alimentación animal y humada, principalmente por su capacidad adaptativa a condiciones de déficit hídrico y su producción de biomasa (Oliveira y Godoy, 2021). Por otro lado, las investigaciones con *Lablad* y *Vigna spp*. demostraron el potencial de estas especies como suplemento nutricional (forraje y grano) en la alimentación de monogástricos y bovinos doble propósito *(Castro-Rincón et al*., 2024).

Los intensos periodos de sequía y la variabilidad climática son amenazas que disminuyen la disponibilidad de forraje y la productividad de carne y/o leche en los sistemas de producción ganadera en el trópico. Además, la oferta de leguminosas liberadas para los productores ganaderos en la región es baja (Castro-Rincon *et al*., 2018; Castro-Rincón *et al*., 2024). Por lo anterior el objetivo de este estudio fue evaluar la producción de forraje de *Vigna unguiculata* (L.), *Lablab purpureus L*., *Cajanus cajan L*. y *Clitoria ternatea* en condiciones de trópico seco.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en los terrenos experimentales del Campo Experimental Iguala del INIFAP, localizado en Iguala de la Independencia, Guerrero, México (18.35° N, 99.50° W y 751 msnm), en un suelo de textura franco arcilloso. El sitio experimental presenta clima cálido subhúmedo (Aw0) con lluvias en verano y precipitación anual de 1100 mm (García, 2005). La parcela experimental se estableció el 27 de julio de 2023, durante la época de lluvia. El terreno se barbechó, rastreó y surcó antes de la siembra.
Las leguminosas evaluadas fueron chícharo de vaca (*Vigna unguiculata L*.), frijol dolicho (*Lablab purpureus L*.) cv. 'Rongai', frijol gandul (*Cajanus cajan L*.) cv. 'caqui' y Clitoria (*Clitoria ternatea*) cv. 'tehuana'. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron en seis surcos a 0.80 m y una longitud de 5 m. La parcela útil fueron los cuatro surcos centrales de 3 m de longitud. El control de plagas se realizó con dos aplicaciones de insecticidas a los 21 y 56 días después de la siembra (dds). El control de maleza se realizó manualmente con azadón.

La cosecha se realizó de acuerdo con el ciclo de crecimiento de cada especie que fue de 55 a 82 dds. Al momento de la cosecha se determinó el rendimiento de forraje verde, para lo cual se realizaron muestreos destructivos al azar de cada unidad experimental, utilizando un cuadrante metálico de 1.0 × 1.0 m para estimar el rendimiento forrajero verde (kg FV ha^{-1}). La altura de corte fue a 10 cm sobre el nivel del suelo. Después de la cosecha se contó el número de plantas cosechadas en la parcela útil. Posteriormente se tomaron muestras de FV que se secaron en una estufa de aire forzado durante 48 h, a una temperatura de 60 ºC hasta alcanzar peso constante, para determinar el contenido de materia seca y la producción de forraje seco (kg FS ha^{-1}). El rendimiento de MS se determinó multiplicando el rendimiento de forraje verde por el porcentaje de MS obtenida en cada parcela. La tasa de crecimiento se determinó al dividir el rendimiento de MS entre el tiempo de corte transcurrido con la siguiente formula: TC = R/T, donde TC: tasa de crecimiento promedio estacional (kg MS ha^{-1} d^{-1}), R: rendimiento estacional (kg MS ha^{-1}) y T: días transcurridos entre cortes. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo con la prueba de Duncan, con un nivel de significación de 5 %. Para ello se utilizó el programa estadístico SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se observa la productividad de leguminosas tropicales cultivadas bajo condiciones de trópico seco. La producción de biomasa ($p < 0,05$) en chícharo de vaca fue mayor respecto al resto de las leguminosas. Aunque este resultado es menor al reportado por Reta Sánchez et al. (2013) en los cultivares “Black Eye” y “Purple Hull” (3.3 vs 3.4 t·ha^{-1}, respectivamente) cultivados en verano en la Comarca Lagunera. Los menores rendimientos ($p \leq 0.05$) se obtuvieron en guandul y dolichos con ciclos entre 55 y 64 dds. El mayor rendimiento en forraje verde se obtuvo en chícharo de vaca, el cual fue superior ($p \leq 0.05$) al obtenido por guandul, dolichos y Clitoria. Lo anterior se puede atribuir a las diferencias en precocidad entre especies leguminosas. El rendimiento de forraje seco fue bueno en dolicho, sin embargo sus rendimientos de MS fueron bajos en relación con Clitoria y a los rendimientos observados en otros estudios, tanto para chícharo de vaca, como para frijol gandul (Reta-Sánchez et al., 2013). En otros trabajos con *Canavalia brasiliensis* se hallaron valores similares al rango de producción observado en este estudio (Burbano-Erazo *et al*., 2019). Así mismo Castro-Rincón *et al*. (2024), reportaron mayor producción de biomasa en vigna, seguida por dolicho y Clitoria con una producción de 19.4, 11.8 y 10.4 kg de forraje verde.

Por otra parte, la mayor producción de materia seca la presento la leguminosa vigna seguida por Clitoria, y la menor producción de biomasa seca fue por guandul. Los valores encontrados en este estudio se encuentran fuera del rango reportado por otros autores en leguminosas similares bajo condiciones de experimentación homogéneas (Castro-Rincón *et al*., 2024).

Cuadro 1.- Producción de biomasa de leguminosas tropicales bajo condiciones de trópico seco.

	Forraje Verde (kg ha^{-1})	Forraje Seco (kg ha^{-1})	Número de Plantas	Tasa de Crecimiento (kg MS ha^{-1} d^{-1})
Guandul	1450^{c}	0.410^{b}	32.5^{b}	5.47^{b}
Dolicho	3025^{b}	0.475^{b}	32.3^{b}	6.33^{b}
Clitoria	2725^{b}	0.624^{b}	37.8^{b}	8.32^{b}
Vigna	5425^{a}	1627^{a}	65.5^{a}	21.70^{a}

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas, según prueba de Duncan ($p < 0,05$).

El potencial de rendimiento de las leguminosas evaluadas fue variable entre especies de acuerdo con su ciclo de crecimiento y características agronómicas. De acuerdo con la etapa de desarrollo al momento de la cosecha, las especies leguminosas evaluadas tuvieron ciclos de crecimiento de 55
a 93 días, por lo que pueden establecerse durante el ciclo de verano en Iguala Guerrero, el cual tiene una duración de aproximadamente 120 días. No obstante, algunas de ellas presentan ventajas en precocidad, como es el caso del chícharo de vaca, dolicho y clitoria, lo cual les permite tener una mayor proporción de vainas en el forraje, lo que consecuentemente mejorará la composición nutricional.

Los resultados indican que estas accesiones podrían considerarse materiales genéticos promisorios, por su excelente producción de forraje para la alimentación animal en condiciones de trópico seco. En general, las especies presentaron buen comportamiento en cuanto a la producción de forraje seco. La diferencia en potencial productivo, de acuerdo con el rendimiento de forraje seco proyectado, resultó marcada entre las leguminosas. El uso de estas en la alimentación animal constituye una alternativa promisoria frente a la baja disponibilidad de alimento generada por la variabilidad climática (Peters et al., 2011; Reta-Sánchez et al., 2013; Castro-Rincón et al., 2024). Así, se considera el empleo de especies como *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus*, *Cajanus cajan* y *Clitoria ternatea*, por su capacidad adaptativa y resiliente frente a condiciones abióticas poco favorables, como la sequía (Castro-Rincon et al., 2018; Burbano-Erazo et al., 2019); lo que las convierte en una fuente de alimento para ser utilizada en los sistemas ganaderos.

Conclusión

Entre las especies forrajeras evaluadas sobre salió vigna por su rendimiento de MS, debido a su precocidad y su patrón de asignación de MS en la parte aérea de las plantas, con un alto contenido de vainas y una menor proporción de tallo.

Agradecimientos

Parte de este estudio fue financiado por el proyecto fiscal “Banco de germoplasma de especies forrajeras en Guerrero”, SIGI: 925166915.

A los estudiantes de servicio social de la Universidad Autónoma del Estado de Guerrero (UAGro) y del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro).

Referencias bibliográficas

1. Burbano-Erazo, E., J. E. Mojica-Rodríguez, G. A. Brochero-Aldana, J. L. Cardona-Iglesias, and E. Castro-Rincón. 2019. Producción de forraje en leguminosas tropicales, en el Caribe seco colombiano. Pastos y Forrajes. 42:143–151.
2. Castro-Rincon, E., J. E. Mojica-Rodríguez, J. E. Carulla-Fornaguera, and C. E. Lascano-Aguilar. 2018. Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. Agron. Mesoam. 29:711–729.
3. Castro-Rincón, E., A. M. Sierra-Alarcón, E. Burbano-Erazo, G. A. Brochero-Aldana, J. L. Cardona Iglesias, and J. E. Mojica-Rodríguez. 2024. Selección de leguminosas forrajeras como abono verde para sistemas doble propósito en el caribe seco. Rev. Colomb. Cienc. Anim. 16:e972. doi:10.24188/recia.v16.n1.2024.972.
4. Oliveira, B. A., and R. Godoy. 2021. Seleção de linhagens de guandu (Cajanus cajan (L.) Millsp.) de melhor desenvolvimento inicial e possíveis aplicações práticas. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2021., São Carlos, SP.
5. Peters, M., L. H. Franco, A. Schmidt, and B. Hincapié. 2011. Especies forrajeras multipropósito: Opciones para productores del Trópico Americano. (CIAT, editor.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Bundesministerium für …, Cali, Colombia.
6. Reta-Sánchez, D. G., P. C. Castellanos-Galván, J. Olague-Ramírez, H. M. Quiroga-Garza, J. S. Serrato-Corona, and A. Gaytán-Mascorro. 2013. Potencial forrajero de cuatro especies leguminosas en el ciclo de verano en la Comarca Lagunera. Rev. Mex. ciencias agrícolas. 4:659–671.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO.

Perpetuo Álvarez-Vázquez[1]*, Josué I. García-López[1], Filogonio J. Hernández-Guzmán[2], Joel Ventura-Rios[1], José A. Hernández-Herrera[1], Gabriel Gallegos-Morales[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315; [2]Universidad Autónoma Chapingo, Carr. Federal México-Texcoco Km 38.5, C.P. 56230.

*Autor para correspondencia: perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

Palabras clave: *Avena sativa* L., *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L.,

Introducción

La avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) son gramíneas forrajeras importantes en México, las cuales proporcionan una buena fuente de forraje para todo tipo de ganado. Presentan características que los hacen especialmente útiles para la alimentación animal, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono (Cherney y Marten, 2000). No obstante, cuando un forraje el rendimiento se incrementa, sus estructuras morfológicas cambian conforme el cultivo madura (González, 2007), de tal modo que, a medida que la planta se va desarrollando, hay una pérdida del contenido de agua y de las materias nitrogenadas que abundan en las hojas, al mismo tiempo que va aumentando su contenido en celulosa (Duthil, 1980). Por tanto, para lograr una adecuada utilización del forraje es importante conocer el momento óptimo de cosecha desde el punto de vista del rendimiento y persistencia de las plantas (Hodgson, 1990). Ante esto, existen dos características importantes que debe de cubrir un cultivar para la obtención de forraje; una es producir la mayor cantidad de biomasa posible, y la otra que se mantengan en correcta proporción sus componentes morfológicos (Cooper y Morris, 1986). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de forraje y sus componentes del rendimiento de tres cultivares de cereales de grano pequeño.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó durante el ciclo otoño - invierno de 2020 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 25°21'16" latitud norte, 101° 2'16" longitud oeste y a una altitud de 1783 msnm (Google Earth Pro, 2021). El clima es clasificado como templado semiseco y una precipitación promedio de 362 mm anuales (RUOA, UNAM). El establecimiento se realizó en surcos de 40 x 0.75 m, bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se instaló un sistema de riego por goteo con cintilla calibre 6000. Se utilizaron 3 surcos por cultivar, cada surco fue dividido en 3 repeticiones de 13 m. Se realizaron cortes a 12 cm sobre el suelo, cada 15 días iniciando en el día 84 después de la siembra. Para el rendimiento de forraje, se cosecho el forraje de un cuadrante de 0.25 m^2. Del forraje cosechado se obtuvo una muestra de aproximadamente 10% y se separó en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia. El material se almaceno en bolsas de papel identificadas, posteriormente se sometió a un secado en una estufa por 72 horas, a peso constante y se pesó cada muestra en una balanza analítica. Una vez secas las muestras se pesaron en una balanza analítica, para su posterior estimación de aportación al rendimiento total del forraje y de cada componente morfológico. Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PRO GLM del programa SAS 9.0 para Windows (SAS Institute, 2011), y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey a un nivel de error del 0.05.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se observó un incremento progresivo en la acumulación de materia seca conforme aumentó la edad del cultivo ($p<0.05$). Los mayores valores se presentaron a los 114 DDS con un promedio de 15,253 kg ha^{-1}. En promedio por cultivar la avena y cebada, fueron mayores con 13,572 y 13,716 kg MS ha^{-1}, respecto al trigo con 10,916 kg MS ha^{-1}. A los 84 DDS, la cebada fue mayor al resto de los cereales con 12,663 kg MS ha^{-1} ($p<0.05$), sin embargo, no presento diferencias estadísticas en las tres edades de cosecha evaluadas ($p>0.05$). Así mismo, a los 99 DDS la cebada junto con la avena, superaron al trigo con 13,802 y 14,111 kg MS ha^{-1}, respectivamente, mientras que, a los 114 DDS, solo la avena fue superior con 18,384 kg ha^{-1} a la cebada (14,372 kg MS ha^{-1}) y al trigo (13,003 kg MS ha^{-1}) ($p<0.05$). Al respecto, Álvarez

(2017), reporta que la variedad Esmeralda de cebada mostró un mayor rendimiento a los 77 días desde la siembra (DDS) hasta la etapa de grano lechoso-masoso, mientras que la variedad de trigo Baguette fue la más tardía, con 113 DDS, hasta la etapa de grano lechoso-masoso, 35 días después con respecto a Esmeralda, siendo similar a la precocidad de la cebada y en rendimiento.

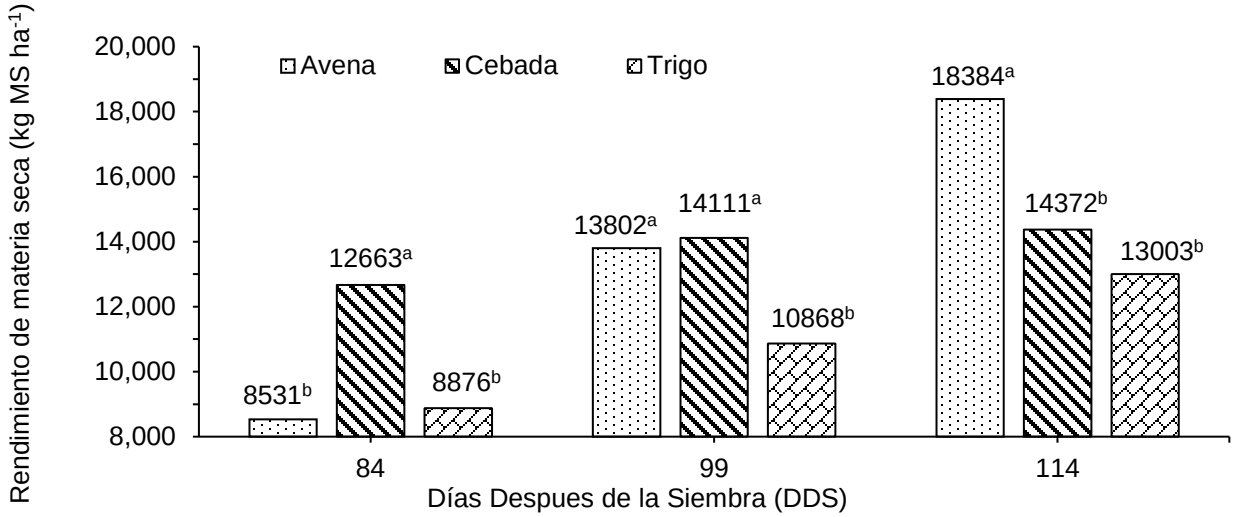


Figura 1. Rendimiento de forraje (kg MS ha^{-1}) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Literales mayúsculas en un mismo DDS entre cultivares, y literales minúsculas en un mismo cultivar entre las diferentes DDS no son diferentes estadísticamente (Tukey; p>0.05).

El tallo, fue el componente morfológico que más aporto en promedio al rendimiento total de forraje, seguido por la inflorescencia, hoja y material muerto con 6464, 3816, 1752 y 702 kg ha^{-1}, respectivamente. En promedio se registró mayor producción de tallo en la cebada con 7,656 kg ha^{-1}, con el 56 % de aportación al rendimiento. La hoja en la avena y cebada tuvieron mayor porcentaje de aportación a los 84 DDS con un 17 y 18 % ($p<0.05$), mientras en el trigo fueron similares las aportaciones a los 84 y 99 DDS con 24 y 21 %, respectivamente ($p>0.05$). Las aportaciones más bajas en los tres cultivares se registraron a los 114 DDS. En promedio el trigo con 19 % fue mayor a la avena con 8 % y a la cebada con 6 %. Entre la avena y trigo no hubo diferencias ($p>0.05$), sus promedios fueron de 1,565 y 1,983 kg ha^{-1}, mientras que en la cebada la mayor aportación de hoja fue a los 99 DDS con 2,611 kg MS ha^{-1}, y el menor a los 114 DDS con 837 kg MS ha^{-1}. En el tallo, la cebada con 7,656 kg MS ha^{-1}, superó a la avena con 6,086 kg ha^{-1}, y al trigo con 5,651 kg ha^{-1}. El material muerto tuvo mayor presencia a los 114 DDS en los tres cultivares y los menores a los 84 y 99 DDS. En promedio la cebada con 1,214 kg ha^{-1} supero a la avena (599 kg MS ha^{-1}) y al trigo (293 kg MS ha^{-1}). La inflorescencia en la cebada fue la única que no presentó diferencias entre fechas de muestreos con un promedio de 3,137 kg MS ha^{-1}. En la avena y trigo los mayores se mostraron a los 114 DDS y los menores a los 84 y 99 DDS. En promedio la avena fue mayor a la cebada y trigo, con 5323, 3137 y 2988 kg MS ha^{-1}, respectivamente. El proceso de maduración de la planta, presencia o ausencia de los componentes morfológicos son dependientes de su edad, lo cual es comúnmente llamada senescencia natural (Yoshida, 2003).

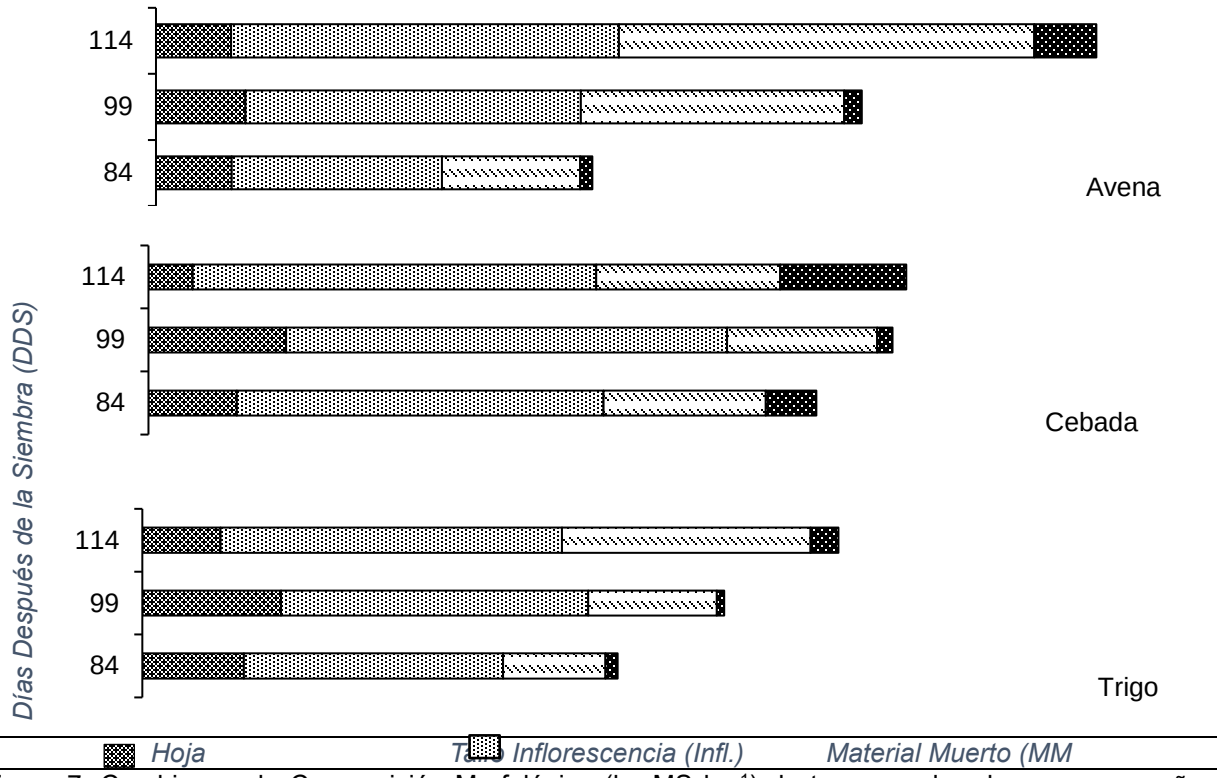


Figura 7. Cambios en la Composición Morfológica (kg MS ha^{-1}) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Días Después de la Siembra (DDS). Misma literales mayúsculas en cada columna y mismas literales minúsculas dentro de cada cultivar, no son diferentes estadísticamente (Tukey; p>0.05).

Conclusiones

El rendimiento de forraje se incrementó en la avena y trigo de los 84 a los 114 DDS, no obstante, la cebada mantuvo su rendimiento a través de las fechas de corte. El tallo fue el que más aporto al rendimiento total, seguido por la inflorescencia, hoja y material muerto.

Referencias bibliográficas

1. Álvarez, R.C. 2017. Rendimiento y calidad del forraje de cuatro cereales de grano pequeño en tres etapas de crecimiento y dos niveles de nitrógeno en el valle de Toluca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 76 p. https://core.ac.uk/download/pdf/154797864.pdf
2. Charley, H. 2000. Tecnología de los alimentos, Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos. México: Limusa/Noriega. 626 p.
3. Cooper, M., & Morris, D.W. 1986. Agricultura forrajera. Buenos Aires, Argentina: el ateneo. 37-40 p.
4. González, C. I. 2007. Producción y calidad forrajera de líneas de cebada imberbe (Hordeum vulgare L.) en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura, Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 82 p. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1397/T16483%20GONZALEZ%20DE%20LA%20CRUZ%2c%20ISMAEL%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. Hodgson, J. 1990. Grazing management. Science into practice. Ed. Harlow, England: Longman Scientific & Technical. 203 p.
6. Yoshida, S. 2003. Molecular regulation of leaf senescence. Current Opinion in Plant biology. 6, 79-84. DOI:10.1016/s1369526602000092

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE UN ZACATAL DE *Amelichloa clandestina* EN LA ESTACIÓN DE OTOÑO.

Sait Juanes-Marquez[1], Perpetuo Álvarez-Vázquez[2*], Mauricio Velázquez-Martínez[3], Neymar Camposeco - Montejo[2], José E. García-Martínez[2], Alejandro García-Salas[2]

[1]Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México. [2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315; [3]Centro de Investigación Regional Noreste, Campo Experimental San Luis. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

*Autor para correspondencia perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

Palabras clave: *Amelichloa clandestina*, pastizal, biomasa, días de rebrote.

Introducción

Los pastizales son importantes para sostener la producción ganadera y mantienen el equilibrio ecológico en diferentes ecosistemas alrededor del mundo (Bengtsson *et al*., 2019). Así mismo, la densidad y el potencial de rebrote son vitales para la durabilidad y productividad de los pastizales (Juanes-Márquez *et al*., 2024). Estos factores están asociados con la dinámica de crecimiento, declive y supervivencia de la cobertura vegetal (Herrera-Corral *et al*., 2014). Es así que, para administrar del pastoreo de manera óptima, es esencial comprender la recuperación de la vegetación. Ante esto, la capacidad de las plantas para rebrotar influye fuertemente la dinámica de los pastizales y afecta directamente su resiliencia y disponibilidad de forraje (Shen *et al*., 2023). En el sureste de Coahuila, México, *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth, comúnmente conocida como zacate picoso, se ha establecido en nichos degradados por el sobrepastoreo y/o abandonados por la agricultura. Su potencial de colonización es bastante notable, ya que su propagación incluye áreas en Coahuila, Nuevo León y Texas occidental, por lo que, es importante estudiar su capacidad de regeneración, ya que sus características podrían ser bastante diferentes dependiendo de las condiciones climáticas. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento y la capacidad de rebrote de *A. clandestina* con el fin de optimizar su rendimiento durante la temporada de otoño.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el rancho experimental "Los Ángeles" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México (26°06' N, 101°06' O). La altitud varía entre 2100 y 2400 m. El clima es BWhw (e´), seco y semiárido extremoso, con una precipitación anual promedio de 350 mm. Se evaluó un zacatal de 32 ha, dominado por *A. clandestina*, estableciendo tres unidades experimentales de 5 x 20 m (100 m²). El 30 de septiembre de 2023 se realizó un corte de uniformización y el primer muestreo fue el 14 de octubre de 2023. Durante el otoño, se midieron intervalos quincenales días después del rebrote (DDR). Para cuantificar rendimiento de materia seca (RMS) producida por *A. clandestina*, se cosecharon los rebrotes en cada unidad experimental. Se realizaron seis ciclos de muestreo a intervalos de 15 días, cubriendo 90 días desde el corte inicial. Se cosecharon, los rebrotes de cuatro individuos ubicados en un metro cuadrado, por repetición y se secaron en estufa a 60 °C durante 48 horas hasta peso constante. El análisis de datos consideró el peso de la materia seca en kg MS ha^{-1}, con una densidad de seis individuos m^{-2}. El crecimiento de las plantas se evaluó mediante 12 mediciones aleatorias de altura en seis evaluaciones. Una submuestra del 10% del forraje cosechado se utilizó para análisis de composición morfológica (CBM), desglosando el forraje en hojas, tallos y material muerto. Cada componente se secó individualmente. La relación hoja/tallo (R:H/T) se determinó seleccionando diez tallos al azar. Se separaron las hojas y los tallos, y se pesaron sus componentes secos. La R:H/T se calculó con la fórmula: Relación hoja/tallo = Peso de hoja / Peso de tallo. Los datos se analizaron mediante ANOVA con PROC GLM (JMP 15 Pro) y la prueba de Tukey al 5% de significancia. Asimismo, se empleó el software Microsoft Excel para determinar las ecuaciones de ajuste logarítmico.

Resultados y discusión

La altura de *A. clandestina* (Figura 1) presentó un modelo logarítmico ($R^2 = 0.81$), incrementándose de 28.7 cm en los 15 DDR a 47.6 cm a los 90 DDR ($p \leq 0.05$). Por su parte, la acumulación de materia seca también ajustó a un modelo logarítmico ($R^2 = 0.95$), con rendimientos de 255 a 1042 kg ha^{-1} entre los 15 y 90 DDR, respectivamente ($p \leq 0.05$), y con un promedio de 546 kg ha^{-1}. Los resultados obtenidos fueron determinados principalmente por la acumulación progresiva de días de rebrote, conforme avanzó el periodo de descanso del pastizal. *A. clandestina*, siendo una especie nativa adaptada a ecosistemas de pastizal semiáridos, respondió positivamente a la humedad residual del otoño, mostrando un patrón de crecimiento que evidencia su potencial forrajero bajo condiciones de manejo intensivo. Resultados similares fueron reportados por Juanes *et al*. (2022), quienes documentaron producciones en otoño de 944 y 638 kg ha^{-1} y alturas promedio de 41 cm en zacatales dominados por esta especie. Por su parte Hervert-Cruz1 *et al*. (2024) reportaron la mayor acumulación de materia seca a los 16 meses después de un pastoreo con 1880 kg MS ha^{-1}.

La Figura 2, muestra la relación hoja/tallo (R:H/T) de *A. clandestina* en distintos días después de rebrote (DDR), con un máximo de 10.6 a los 90 DDR y un mínimo de 2.3 a los 15 DDR, promediando 6.3, además el modelo logarítmico presenta una $R^2 = 87\%$. En la composición morfológica (Fig. 2b), los rendimientos de hoja, tallo y material muerto (MM) aumentaron con el tiempo, a los 15 DDR, se registraron 45.7, 14.3 y 0.7 kg ha^{-1} de hoja, tallo y MM, respectivamente, mientras que a los 90 DDR, los valores fueron 186.8, 95.5 y 14.2 kg ha^{-1}, incrementándose en un porcentaje de 75, 85 y 95% respectivamente. El bajo rendimiento inicial puede atribuirse a la limitada acumulación de biomasa en las primeras etapas fenológicas, mientras que el incremento posterior se asocia al mayor desarrollo de tejidos estructurales y a una mejora en la disponibilidad de humedad, aspecto clave en ecosistemas semiáridos. Este comportamiento coincide con lo reportado por Kramberger *et al*. (2014), quienes señalaron que en pastizales de regiones semiáridas, la acumulación de biomasa aérea está fuertemente influenciada por la disponibilidad de agua en el suelo, lo cual regula tanto el crecimiento vegetativo como la proporción de componentes estructurales de la planta.

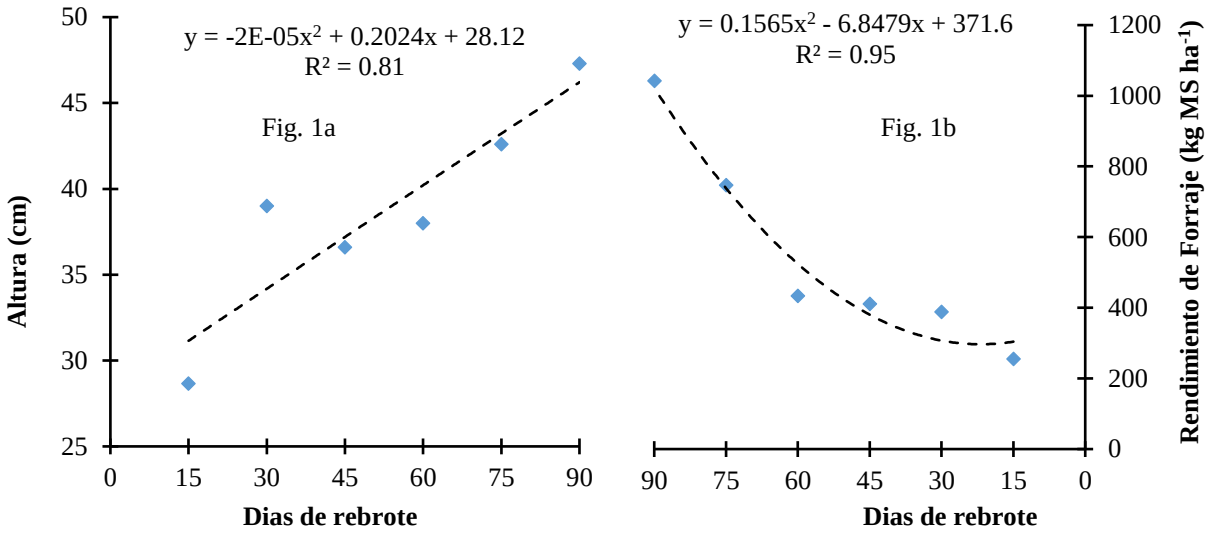


Figura 1. Altura de planta (a) y rendimiento de forraje (b) de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un corte manual en la estación de otoño de 2023.

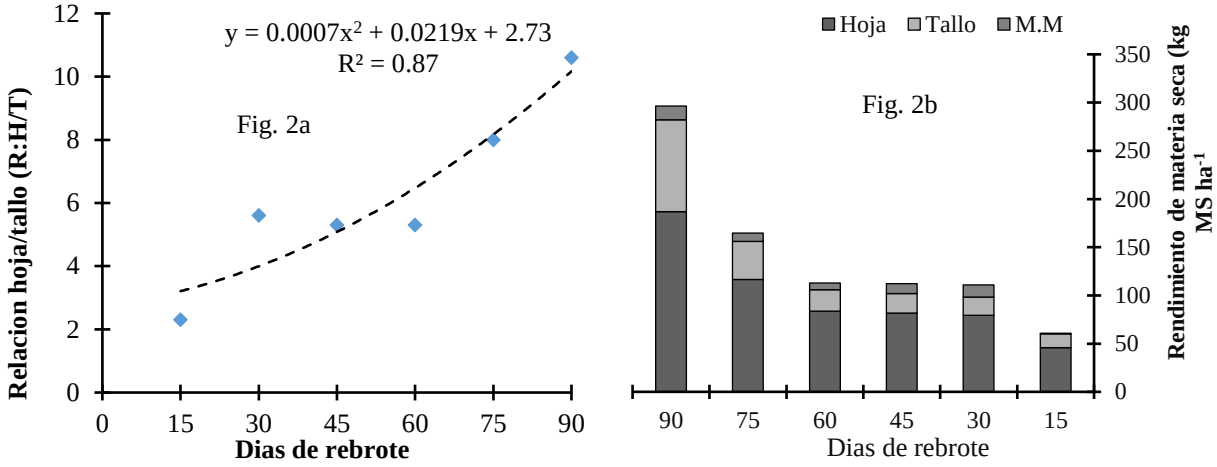


Figura 2. Relación hoja/tallo (R:H/T) (a) y composición morfológica (b) de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un corte manual en la estación de otoño de 2023.

Conclusión

El rendimiento de la materia seca y la altura de *Amelichloa clandestina* aumentan a mayores días de rebrote, siendo a los 90 días la producción máxima. Así mismo, a mayor edad de rebrote, la hoja se convierte en el principal componente del rendimiento total, estos resultados son relevantes para la ganadería en la región, sobre todo en otoño, por la importancia de la humedad en el rebrote de las especies.

Referencias bibliográficas

1. Bengtsson, J., Bullock, J. M., Egoh, B., Everson, C., Everson, T., O'connor, T., & Lindborg, R. (2019). Grasslands-more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, *10*(2), e02582. https://doi.org/10.1002/ecs2.2582
2. Herrera-Corral, J., Herrera-Arrieta, Y., Carrete-Carreón, F.O., Almaraz-Abarca, N., Naranjo-Jiménez N., González-González, F., 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. Interciencia, 36(4), 300-305.
3. Hervert-Cruz, F., Álvarez-Vázquez, P., Juanes-Márquez, S., García-Martínez, J.E., Encina-Domínguez, J. A., García-López, J. I. (2024). Rendimiento de *Amelichloa clandestina* durante 18 meses posterior a un pastoreo. LIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Memoria. Aguascalientes, Ags., 23 – 26 de octubre de 2024. Año 4. Núm. 1. pp 182-184.
4. Juanes, M, S., Encina-Domínguez, J.A., Torres-Mora, M., Mellado, M., Álvarez-Vázquez P., Lara-Reimers, E.A. (2024). Effect of cutting, burning, and herbicide application to *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth grassland on the structure and species diversity of this grassland ecosystem. Revista Bio Ciencias, 11, e1459. https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1459
5. Juanes, M. S., Álvarez V.P., Encina, D.J., Mellado, B.M., García, M.J., Flores-Naveda, A. 2022. Response to cutting and herbicide treatment of Mexican needlegrass (*Amelichloa clandestina*) in northeastern Mexico. Fresenius Environmental Bulletin. 31. 8663-8672.
6. Kramberger, B., Gselman, A., Podvršnik, M., Lešnik, M., & Škorjanc, D. 2014. Effects of low precipitation periods on the herbage yield of mesic semi-natural grasslands under different cutting regimes. Zemdirbyste-Agriculture, 101, 11-18. https://doi.org/10.13080/Z-A.2014.101.002
7. Shen, Y., Cai, W., Prentice, I. C., & Harrison, S. P. (2023). Community abundance of resprouting in woody plants reflects fire return time, intensity, and type. *Forests*, *14*(5), 878. https://doi.org/10.3390/f14050878

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO ESTACIONAL ESPECIES FORRAJERAS BAJO CONDICIONES DEL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO.

Alan E. Fuentes-Huerta[1*], Perpetuo Álvarez-Vázquez[2], Josué I. García-López[2], Santiago Joaquín-Cancino[3], José J. Ochoa-Espinoza[2], Antonio Flores-Naveda[2]

[1]Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México; [2] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315, Saltillo Coahuila. [3]Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas

*Autor para correspondencia: alanhuertazac@gmail.com

Palabras Clave: Tasa de crecimiento, trébol blanco, peso individual de tallos.

Introducción

La base de la alimentación en los sistemas de pastoreo son las gramíneas y leguminosas, (Rojas *et al*., 2017). Algunas de las especies forrajeras más utilizadas en este tipo de sistemas son: pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico o raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (T*rifolium repens* L.) (Sanderson *et al*., 2013). Sin embargo, se requiere conocer el comportamiento de producción de materia seca y otros atributos en diferentes regiones climáticas dado que, la producción de biomasa estacional y anual es muy variable a cambios morfológicos y fisiológicos que experimentan las gramíneas y leguminosas en un momento dado. Es así que la producción de forrajes en monocultivos presenta una estacionalidad muy marcada (Rojas-García *et al*., 2016), es así que se ha demostrado que los mayores rendimientos de materia seca en especies forrajeras ocurren en primavera y verano (Maldonado-Peralta *et al*., 2017). Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar la tasa de crecimiento (TC) y componentes del rendimiento, bajo condiciones edafo-climáticas del sureste del estado de Coahuila.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro bajo un clima templado semiseco y con una precipitación de 300 a 400 mm, con coordenadas 101°59 '17" LO y 25° 23' 59" LN, a una altitud de 1600 m, con condiciones de suelo migajón arcilloso arenoso y pH de 7,3. La temperatura máxima se registró durante el verano (34 °C), la mínima en el mes de febrero (-4 °C) y la precipitación acumulada de 448 mm. La siembra de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (TB), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) (PO) y ballico perenne *(Lolium perenne* L.) (BP), se establecieron a una densidad de 5, 20 y 10 kg SPV ha^{-1}, respectivamente. El área experimental fue de 448 m^2, dividida en 9 parcelas de 25 m^2. Los cultivares tuvieron tres replicas experimentales, para un diseño de bloques completamente al azar. Cada 14 días se realizaron riegos por goteo a capacidad de campo con cintilla calibre 6000. Al inicio de la estación de verano, se realizó un corte de uniformización a 5 cm de altura residual. Los intervalos de cortes fueron en primavera y verano 28 y otoño e invierno 35 y 42 días, respectivamente. Se estimó tasa de crecimiento (TC), tomando muestras de forraje en dos cuadrantes de 0.25 m^2, llevando a peso seco y se dividió el forraje total entre los días de rebrote. Para determinar un peso individual de tallos (PIT) y peso de hoja por tallo individual (PHT), se seleccionaron al azar 10 tallos de cada cultivar y repetición. Se realizó un análisis estadístico de varianza de medias (ANOVA), mediante el paquete estadístico SAS 9.0, con el procedimiento PROC GLM, con una comparación de medias de la prueba de TUKEY ($p<0.05$), cuando se detectaron diferencias estadísticas.

Resultados y discusión

La mayor TC se presentó durante la época de primavera, con 169 kg ha^{-1} día^{-1}, seguido por la estación de verano con 134 kg ha^{-1} día^{-1}. Debido a las condiciones ambientales en invierno y otoño, se presentaron las menores tasas de crecimiento con solo 46 y 48 kg ha^{-1} día^{-1}, respectivamente. Entre los cultivares la mayor tasa se registró en el trébol blanco con 115 kg ha^{-1} día^{-1}, mientras que el menor registro fue en el pasto ovillo (88 kg ha^{-1} día^{-1}), sin embargo, estos no mostraron diferencias estadísticas ($p>0.05$). En el trébol blanco su TC fue mayor durante la primavera con 241 kg ha^{-1} día^{-1}, seguido por el verano con 128 kg ha^{-1} día^{-1}, mientras que el menor en la época de otoño e invierno con solamente 33 y 56 kg ha^{-1} día^{-1}, respectivamente. Similarmente en el pasto ovillo, se obtuvo la mayor tasa de crecimiento durante la

primavera (156 kg ha^{-1} día^{-1}), siendo en el invierno y otoño la menor con solo 43 kg ha^{-1} día^{-1}. No obstante, en el ballico perenne a diferencia del resto de los cultivares obtuvo su mayor TC durante la época de verano con 164 kg ha^{-1} día^{-1}, seguido por primavera (111 kg ha^{-1} día^{-1}), y con la menor tasa en invierno-otoño con 40 y 65 kg ha^{-1} día^{-1}, respectivamente.

Cuadro 1. Tasa de crecimiento de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estaciones del año				x̄	EEM
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera		
TB	128^{Aab}	33^{Bb}	56^{Ab}	241^{Aa}	115^{A}	94
PO	109^{Ab}	45^{Bc}	43^{Ac}	156^{Aa}	88^{A}	55
BP	164^{Aa}	65^{Ab}	40^{Ab}	111^{Aab}	95^{A}	55
x̄	134^{a}	48^{b}	46^{b}	169^{b}		62
EEM	28	16	9	66	14	

Misma letra mayúscula, en una misma columna no son diferentes estadísticamente (p>0.05). Misma letra minúscula, en una misma fila no son diferentes estadísticamente (Tukey; p> 0.05) EEM= error estándar de la media. TB= Trébol blanco, PO= Pasto ovillo, BP= Ballico perenne.

En el PIT durante primavera y verano se registró un peso promedio de 0.17 g MS tallo^{-1} para ambas estaciones, mientras que en el otoño se presentó el menor con 0.11 g MS tallo^{-1}, sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas (p>0.05). En los promedios por cultivar, no se presentaron diferencias estadísticas (p>0.05), no obstante, el ballico perenne registro el mayor peso con 23 g MS tallo^{-1}, seguido por el trébol blanco 0.13 g MS tallo^{-1} y el pasto ovillo con 0.08 Kg MS tallo^{-1}. El mayor y menor PIT en trébol blanco se presentó en invierno y verano con 0.18 y 0.10 g MS tallo^{-1}, respectivamente. En el pasto ovillo se registró el mayor PIT en primavera con 0.11 g MS tallo^{-1}, mientras que durante el otoño el menor con 0.04 g MS tallo^{-1}. Para el ballico perenne durante verano se registró el mayor peso con 0.35 g MS tallo^{-1} y el menor en invierno (0.12 g MS tallo^{-1}).

Cuadro 2. Peso individual de tallo (g MS tallo-1) de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estaciones del año				x̄	EEM
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera		
TB	0.10^{Bb}	0.11^{ABb}	0.18^{Aa}	0.15^{Aab}	0.13^{A}	0.04
PO	0.06^{Ba}	0.04^{Ba}	0.10^{Aa}	0.11^{Aa}	0.08^{A}	0.03
BP	0.35^{Aa}	0.18^{Ab}	0.12^{Ab}	0.26^{Aab}	0.23^{A}	0.10
x̄	0.17^{a}	0.11^{a}	0.13^{a}	0.17^{a}		0.03
EEM	0.16	0.07	0.04	0.08	0.07	

Misma letra mayúscula, en una misma columna no son diferentes estadísticamente (p>0.05). Misma letra minúscula, en una misma fila no son diferentes estadísticamente (Tukey; p> 0.05) EEM= error estándar de la media. TB= Trébol blanco, PO= Pasto ovillo, BP= Ballico perenne.

Entre cultivares el mayor PHT se registró en el pasto ovillo con 0.14 g MS tallo^{-1}, entretanto en trébol blanco y ballico perenne, se obtuvo para ambos 0.09 g MS tallo^{-1} (p>0.05). No obstante, para cultivares dentro de cada estación, no se presentaron diferencias estadísticas (p>0.05). En el promedio estacional, otoño e invierno registraron los mayores PHT, siendo de 0.13 g MS tallo^{-1} para ambos y seguidos por primavera con 0.10 g MS tallo^{-1}, sin marcar diferencia estadística con esta última (p<0.05). En verano se registró el menor peso con solo 0.06 g MS tallo^{-1}, lo que se contrapone con el mayor peso de tallo individual y una de las mayores tasas de crecimiento estacional (Cuadro 1 y 2). El trébol blanco, presento su mayor PHT durante otoño e invierno con 0.12 g MS tallo^{-1}, para ambos y menor en el verano con 0.05 g MS tallo^{-1} (p<0.05). En el pasto ovillo se registró el mayor peso en otoño e invierno con 0.18 g MS tallo^{-1}, mientras que el menor en verano con 0.07 g MS tallo^{-1}, sin embargo, no se presentó una diferencia estadística (p>0.05). A diferencia de los otros dos cultivares, el ballico perenne registro durante primavera, otoño e invierno el mismo peso de hoja (0.10 g MS tallo^{-1}) y disminuyo en verano a 0.06 g MS tallo^{-1}, sin deferencia estadística (p<0.05). Similares tendencias reportaron García *et al*. (2017), trébol blanco, pasto ovillo y

ballico perenne, solos y asociados. Así mismo, Molina (1989) estipulo que un buen manejo agronómico es de gran importancia para poder tener el mayor número de hojas y rendimiento de forraje.

Cuadro 3. Peso individual de hoja por tallo (g Ms tallo-1) de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estaciones del año				x̄	EEM
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera		
TB	0.05^{Ac}	0.12^{Aa}	0.12^{Aa}	0.07^{Ab}	0.09^{B}	0.04
PO	0.07^{Aa}	0.18^{Aa}	0.18^{Aa}	0.13^{Aa}	0.14^{A}	0.05
BP	0.06^{Aa}	0.10^{Aa}	0.10^{Aa}	0.10^{Aa}	0.09^{B}	0.02
x̄	0.06^{b}	0.13^{a}	0.13^{a}	0.10^{ab}		0.03
EEM	0.01	0.04	0.04	0.03	0.02	

Misma letra mayúscula, en una misma columna no son diferentes estadísticamente (p>0.05). Misma letra minúscula, en una misma fila no son diferentes estadísticamente (Tukey; p> 0.05) EEM= error estándar de la media. TB= Trébol blanco, PO= Pasto ovillo, BP= Ballico perenne.

Conclusiones

Las condiciones climáticas de primavera y verano propiciaron una mayor tasa de crecimiento, donde el trébol blanco fue mayor a ballico perenne y pasto ovillo. Esta mayor tasa de crecimiento fue en concordancia con el mayor peso de tallo individual, tanto a nivel de estación como de cultivar, pero fue en contra del peso de hoja por tallo.

Referencias bibliográficas

1. Maldonado-Peralta, M. D. L. Á., Rojas García, A. R., Torres Salado, N., Herrera Pérez, J., Joaquín Cancino, S., Ventura Ríos, J., ... & Hernández Guzmán, F. J. (2017). Productivity of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). Revista Brasileira de Zootecnia, 46, 890-895.
2. Molina, C. J. L. (1989). La Cebada. Mundi-prensa. Madrid, España. 252 p
3. García, A. R. R., Garay, A. H., Jacobo, M. A. R., Pedroza, S. I. M., Peralta, M. D. L. Á. M., y Cancino, S. J. (2017). Dinámica poblacional de tallos de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 49(2), 35-49
4. Rojas-García, A. R., Hernández-Garay, A., Ayala, W., Mendoza-Pedroza, S. I., Cancino, S. J., Vaquera-Huerta, H., &y Santiago-Ortega, M. A. (2016). Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 48(2), 57-68.
5. Sanderson, M.; Brink, G.; Stout, R. and L. Ruth. 2013. Grass-legume proportions in forage seed mixtures and effects on herbage yield and weed abundance. Agron. J. 105(5):1289-1297. DOI:10.2134/agronj2013.0131

CALIDAD DE SEMILLA DE PASTOS PERENNES COSECHADOS EN BORDOS DE CARRETERAS Y CAMINOS EN ZONAS SEMIÁRIDAS.

Marco Antonio Rivas-Jacobo[1*], Camelia Alejandra Herrera-Corredor[1], Gilberto Ballesteros-Rodea[1], Rafael Nieto-Aquino[1], Miguel Ángel Sánchez-Hernández[2], Rapucel Tonantzin Quetzalli Heinz-Castro[1]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. [2]Universidad del Papaloapan. Loma Bonita, Oaxaca.

*Autor para correspondencia: marco.rivas@uaslp.mx

Palabras clave. Pastos nativos, germinación, peso de semillas.

Introducción

Los pastos nativos son especies no domesticadas y su baja germinación, es una característica de las gramíneas de pastizal, la cual reduce la efectividad de sembrar praderas de gramíneas de temporal. La semilla comercial de pastos no se considera únicamente a la cariópside o a la semilla botánica; también incluye diversos tipos de brácteas accesorias de la cariópside, como gluma, palea y ramas modificadas (Hanna y Anderson, 2008). Por lo tanto, se presupone que la semilla de los pastos nativos no germina totalmente en condiciones óptimas de humedad y temperatura. Es importante cuidar la calidad de semillas que se van a utilizar en la resiembra de pastizales para hacerles pruebas de germinación y vigor (Enríquez *et al*., 2011), de tal forma que se asegure un adecuado establecimiento y se repueblen los pastizales para mejorar su productividad.

La baja germinación de la semilla de los pastos de debe a diversas causas, las más comunes son la latencia por la presencia de una envoltura de la semilla impermeable al oxígeno y al agua, inmadurez del embrión y la presencia de inhibidores que impiden o controlan la germinación. Los efectos en la germinación son variables entre especies, sitios y años de cosecha (Tian *et al*., 2002). También es importante manejar adecuadamente la semilla antes de almacenarla para obtener buena calidad. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar algunos parámetros de la calidad física y fisiológica de semillas de pastos perennes cosechados en caminos y bordos de carreteras con el fin de identificar la calidad de la semilla de los agostaderos y tomar decisiones para la rehabilitación de éstos con el uso de la semilla disponible.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí ubicada a 22º 12’ LN y 100º 51’ LO a 1835 m de altura. El clima es Seco estepario frio con una temperatura media anual de 18ºC y una precipitación anual es de 350 mm. Se utilizaron 22 pastos, entre ellos 17 especies nativas y 5 especies introducidas de pastos perennes colectados en otoño de 2019 a bordo de carreteras y caminos de las zonas semiáridas de San Luis Potosí.

La colecta de semilla fue de pastos perennes con semilla madura: nativos *Muhlenbergia* spp (Zacatón chico), *Sporobolus* spp (Cola de ratón), *Muhlenbergia rigida* (Zacatón Grande), *Sporobolus indicus* (Cola de ratón), *Sporobolus airoides* (Zacate de agua), *Lycurus phleoides* (Zacate lobero), *Cynodon dactylon* (Bermuda), *Chloris submutical* (Pata de gallo), *Pleuraphis mutica* (Toboso), *Panicum bulbosum* (Panicum), *Hopia obtusa* (Zacate guía), *Chloris submutica* (Rhodes), *Hilaria cenchroides* (Zacate toboso), *Bothriochloa barbinodis* (Popotillo plateado), *Digitaria californica* (Punta blanca), *Setaria macrostachya* (Pajita tempranera), *Setaria parviflora* (Pajita cerdosa); introducidos *Melinis repens* (Pasto Rosado), *Chloris gallana* (Zacate gordura), *Pennisetum setaceum* (Plumero), *Cenchrus ciliaris*1 (Buffel negro), *Cenchrus ciliaris*2 (Buffel claro).

Las bolsas con la semilla se pusieron a secar al sol para secarlas y conservarlas, y se identificaron con ejemplares de Herbarios alojados en la red, como en el “Sitio de malezas de México de la Conabio, 2011”. Las evaluaciones se realizaron a los seis meses de cosechadas. El desprendimiento de las espiguillas fué en forma manual y con frotación en un hule corrugado, de donde se obtuvieron los antecios o flósculos provistos de lemma, pálea y arista. De cada muestra obtenida de semilla de pastos se tomó en forma aleatoria 100 g para realizar los análisis de la calidad física y fisiológica.

Variables de la calidad física

Porcentaje de pureza (PP), de la muestra de trabajo de 100 g de cada especie se tomó 1, 3, 6 y 9 g para semilla muy pequeña, pequeña, mediana y grandes para eliminar las impurezas siguiendo las recomendaciones de la ISTA (2013). Peso de mil semillas (PMS), se contaron 8 repeticiones de 100 semillas de cada tratamiento, y se pesaron en una balanza digital Modelo BJ2200C, marca PRECISA, con precisión de 0.01 g (Moreno, 1996). Porcentaje de humedad (PHUM), se determinó en dos repeticiones de 10 g, se secaron en la estufa a 70°C durante 72 horas. Peso volumétrico (PV), se calculó pesando 3 g para semilla muy pequeña y pequeña y 6 g para semilla mediana y grande, y se vertió en una probeta graduada de 50 y 150 ml, de acuerdo al tamaño de la semilla y el resultado se multiplicó por 100 para obtener el PV en g/ml.

Variables de la calidad fisiológica

Porcentaje de germinación (PG), en el laboratorio se evaluó la germinación en charolas de 148 cavidades, donde se utilizaron 64 cavidades por especie, distribuidas en ocho hileras de nueve cavidades, donde se depositó entre seis y siete semillas por cavidad y 50 semillas por hilera, sembrando así 100 semillas en dos hileras que hacen una repetición, y se evaluaron en cuatro repeticiones (400 semillas por especie). Como sustrato se utilizó peat moss. Se regaron las charolas diariamente con agua de la llave y se les colocó unas lámparas para dar la iluminación de 8 am a 18:00 pm. Al día 11 inició la emergencia y se contabilizaron hasta el día 28 después de la siembra. Peso seco de plántulas (PSP), de las plántulas emergidas de cada repetición se seleccionaron 10 plántulas, las cuales se depositaron en un sobre amarillo de 10 cm x 20 cm, y se metieron a secar en la estufa a 55º C por 72 horas. Se pesaron en una balanza analítica digital marca PRECISA modelo BJ2200 con precisión de 0.01 g.

Las variables se midieron bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones para germinación y tres repeticiones para peso volumétrico. En las variables que se observó diferencias estadísticas significativas, se realizó una prueba de media con Tukey al =0.05.

Resultados y discusión

El Porcentaje de Pureza fue muy bueno porque todas las semillas de los pastos que fueron beneficiadas manualmente con ayuda de frotadores a base de hule corrugado y ventilación manual se logró obtener valores por encima del 90% de algunos pastos como Bermuda, Zacatón grande, Pata de gallo, Pajita tempranera, Zacate gordura, Panicum y Popotillo plateado, y los demás anduvieron entre 84 a 89 % de pureza.

Cuadro 1. Comparación de medias de Germinación, peso volumétrico y peso seco de plántula de especies de pastos perennes colectados en la región semiárida de San Luis Potosí.

Especie	Peso Volumétrico (g/ml)	Germinación (%)	Peso Seco Plántula (g)
Zacatón chico	241.5 c	19.0 c	0.0029500 bcd
Pasto rosado	95.0 f	11.0 def	0.0016000 cd
Plumero	460.0 a	13.5 d	0.0032750 bc
Pata de gallo	76.5 fg	2.2 gh	0.0005500 d
Toboso	91.2 f	3.2 gh	0.0012000 cd
Zacatón grande	6.6 j	0.5 gh	0.0007000 d
Punta blanca	188.7 de	14.0 d	0.0006750 d
Zacate guía	15.6 ij	13.0 de	0.0044250 ab
Pajita tempranera	15.1 ij	0.5 gh	0.0011500 cd
Rhodes	46.5 ghi	0.75 gh	-
Zacate de agua	82.2 f	0.75 gh	0.0008000 cd
Zacate lobero	-	9.7 ef	0.0019500 bcd
Popotillo plateado	210.0 cd	29.5 b	0.0026750 bcd
Buffel negro	183.5 cd	39.7 a	0.0059750 a
Buffel claro	367.5 b	8.75 f	0.0059250 a
Media	125.31	7.55	0.002316
DMS	34.62	3.72	0.0025

En cuanto a la humedad, se observó que el resguardo de la semilla en bolsas de papel estraza y secadas al sol y conservadas bajo condiciones de una bodega, con ventilación, seca y a una temperatura en primavera verano de 18º a 22º C y en otoño invierno de 15 a 8º C. De esta manera se logró que la mayoría de semilla se mantuviera entre 5 y 7 % de humedad.

Para el peso volumétrico los datos mostraron diferencias significativas (Cuadro 1), siendo muy variable entre especies, donde Plumero con 460 hl y Buffel claro 367.5 g/ml, seguidos por Zacatón chico con 241.5, Popotillo plateado con 210, Punta blanca 188.7, Buffel negro 188.5 (Cuadro 1). Aspectos que mostraron la gran variabilidad de acuerdo a la estructura de la parte externa de la semilla, ya que unas muestran más volumen por sus grupos de cerdas y aristas que las protegen, en cambio otras presentan menor tamaño o cantidad de estas y otras nada. De tal forma que las que mostraron los mayores volúmenes por su morfología y estructura al ser más voluminosos en sus cerdas protectoras dando mayor apariencia en tamaño, aspecto que puede ser objeto de estudio para conocer si les afecta más en la germinación por afectarles en la inhibición de agua.

Para porcentaje de germinación, de acuerdo con los datos obtenidos se observaron diferencias significativas entre especies (Cuadro 1), donde Zacate Buffel negro y Popotillo plateado obtuvieron los mayores porcentajes de germinación con 39.7 y 29.5 %, respetivamente, y le siguieron Zacatón chico con 19, Punta blanca 14, Plumero 13.5, Zacate guía 13 y Pasto rosado con 11%. Los valores obtenidos en esta investigación fueron mucho menores a los obtenidos por Saénz-Flores, *et al*. (2020) con 14.5% en zacate navajita y 96.5% en gigante, ambos tratados con fertilizante de liberación lenta, en cambio en esta investigación no se aplicó fertilizante. Para semilla de pasto Guinea cv Mombaza especie introducida y mejorada, Joaquín *et al.* (2020) observaron valores mayores desde 28 a 63.78% de germinación en semilla recien cosechada por efecto de cortes de forraje antes de dejarla florear.

Para el peso seco de plántula también se observaron diferencias significativas entre especies (Cuadro 2), donde Buffel negro, Buffel claro y Zacate guía mostraron los mayores pesos seco de plántula, lo que presupone un mejor establecimiento en campo por tener una plántula con mayor vigor por su producción de materia seca.

Conclusiones

La pureza mostró estándares excelentes (84 a 90%) al limpiar la semilla en forma manual, y al secarlas al sol y almacenadas en bolsas de papel estraza se obtienen porcentajes de humedad por abajo del 13%.

Existe variabilidad muy alta entre especies de pastos perennes en cuanto a germinación, peso volumétrico y pesos seco de plántula, lo que los hace muy impredecibles en su momento ideal para siembra.

La germinación de los pastos perennes a los seis meses de cosechas es baja en comparación a semillas de otras especies forrajeras cultivadas o introducidas mejoradas.

Referencias bibliográficas

1. Enríquez Q, J. F.; F. Meléndez N.; E. D. Bolaños A.; V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental La posta. INIFAP-SAGARPA. Medellín de Bravo, Ver. 405 p. ISBN: 978- 607-425-734-2.
2. Hanna W. W; F. Anderson W. 2008. Development and impact of vegetative propagation in forage and turf Bermudagrasses. Agronomy J. 100(3):S-103-S-107.
3. ISTA. 2013. Handbook on Seedling Evaluation/ International Seed Testing Association. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland. *ISBN*978-3-906549-74-3.
4. Joaquín T., B. M.; A. Gómez-Vázquez.; J. Ramos J.; E. M. Aranda I. J. A. Pérez A.; S. Joaquín C.
5. 2020. Rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea cv. Mombaza a diferentes fechas de precorte. REMEXCA. Número especial número 24;201-210.
6. Moreno M., E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de biología. UNAM. México, DF. 103-106. Pp
7. Sáenz-Flores, E.; R. A. Saucedo-Terán; C. R. Morales-Nieto; P. Jurado-Guerra; C. R. Lara-Macías; A. Melgoza-Castillo; J. A. Ortega-Gutiérrez. 2020. Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua: Production and seed quality of forage grasses in response to fertilization in Aldama, Chihuahua. TECNOCIENCIA Chihuahua, 9(2), 111-119.
8. Tian, X., A.; D. Kanapp; L.R. Gibson; K.J. Moore; E. C. Brummer; T.B. Bailey. 2002. Cupule removal and caryopsis scarification improves germination of Easter Gama grass. 185-189.

RENDIMIENTO Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE MAÍZ DE TEMPORAL CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA-ORGÁNICA EN LA REGION ALTOS DE JALISCO.

Luis Eduardo Arias-Chávez[1*], Primitivo Díaz-Mederos[1], Jorge Humberto Villarreal-Rodas[1] y Juan Francisco Pérez-Domínguez[1]

[1]Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco CIRPAC-INIFAP,

*Autor para correspondencia: arias.luiseduardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: maíz, forraje, calidad nutricional, abonos orgánicos.

Introducción

La capacidad productiva del suelo depende del uso continuo de prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento del suelo, incluyendo prácticas agroecológicas. Con la aplicación de abono orgánico al suelo se crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico y fertilizantes minerales ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo (Gómez y Huerta 2015). Por otro lado, la materia orgánica incrementa la capacidad de retención de humedad del suelo, es capaz de retener una cantidad de agua equivalente a 20 veces su peso, mejora la porosidad, lo cual facilita la circulación del agua y del aire a través del perfil del suelo (Murray *et al*., 2011). Actualmente los productores demandan información sobre otras opciones tecnológicas que les permitan reducir los costos por concepto de fertilizantes, sin que se afecte negativamente la producción de forraje de maíz. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y calidad nutricional del forraje de maíz de temporal con fertilización orgánica-química en la región de los Altos de Jalisco. La hipótesis planteada es que el uso de fertilizantes orgánicos puede reducir hasta en un 50% el fertilizante nitrogenado, sin que se reduzca el rendimiento y calidad del forraje.

Material y métodos

El experimento se estableció en Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco del INIFAP por tercer año consecutivo. Se ubica a 1795 msnm en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. El clima es clasificado como subtrópico subhúmedo semiseco, semicálido, con invierno benigno. La temperatura media anual es de 19°C, con máxima de 33.5°C y mínima de 7.6°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de junio a octubre con una precipitación media anual de 875 mm. El suelo es considerado como luvisol férrico con pH 6.26 y materia orgánica de 1.84%.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados y cantidades de fertilizante químico y orgánico aplicados por etapa vegetativas en el cultivo de maíz.

No.	TRATAMIENTO	EN SIEMBRA	V3-V4	V6	V8-V10
1	128-92-00 + NF 40 L	200 kg DAP	NF 20 L/ha	200 kg Urea	NF 20 L/ha
2	128-92-00 + NB 40 L	200 kg DAP	NB 20 L/ha	200 kg Urea	NB 20 L/ha
3	128-92-00 + ND 40 L	200 kg DAP	ND 20 L/ha	200 kg Urea	ND 20 L/ha
4	128-92-00 + SM 40 L	200 kg DAP	SM 20 L/ha	200 kg Urea	SM 20 L/ha
5	128-92-00 + LL 40 L	200 kg DAP	LL 20 L/ha	200 kg Urea	LL 20 L/ha
6	128-92-00+HU 600 +LL 40	200 kg DAP	HU 600 kg/ha	200 kg Urea	LL 40 L/ha
7	128-92-00 + AH 40 L	200 kg DAP	AH 20 L/ha	200 kg Urea	AH 20 L /ha
8	240-92-00 T. Químico	200 kg DAP	-	225 kg Urea	225 kg Urea
9	NF 80 L	-	NF 40 L/ha	-	NF 40 L/ha
10	SM 40 L	-	SM 20 L/ha	-	SM 20 L/ha
11	T. Comercial 1	400 kg Reforzada®	Alfa y Omega® (4 L Ferti k30+10 L Deton+1LFerti)	200 kg Urea	Alfa y Omega® (4L Ferti k30+10 LDeton+1LFerti
12	T. Comercial 2	-	4L Algas marinas + 3 L Humimax	200 kg Urea	4L Algas marinas + 3 L Humimax

NF: Nutrifish; **NB**: Nutribond; **AH**: Acidos Húmicos; **ND**: Nutri Degollado; **SM**: Supermagro; **LL**: Lixiviado Lombriz; **HU**: Humus; DAP=Fosfato diamónico 18-46-00.

Se evaluaron 12 tratamientos totales, de los cuales nueve tratamientos que incluyen insumos orgánicos para la producción de maíz que están utilizando los técnicos del programa cosechando soberanía, además de dos testigos comerciales y un testigo químico (Cuadro 1). La unidad experimental fue de 8 surcos de 6

m de longitud y distancia entre surcos de 80 cm. El diseño Experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones**.** El manejo del suelo, plagas y malezas fue convencional en la región (Chuela *et al*; 2011).

Se sembró el 21 de junio del 2024 el híbrido comercial de ciclo precoz NK858W a una densidad de 90 mil semillas por ha^{1}. Se registraron los rendimientos de forraje, altura de planta, proporción de elote y forraje, además de la composición y calidad nutrimental del forraje. Las muestras de forraje fueron analizadas mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR). Se realizó un análisis de varianza (P 0.10) bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y la comparación de las medias con la prueba de diferencia mínima significativa.

Resultados y discusión.

La altura de planta (de la base del tallo a punta de espiga) promedio fue de 309 cm, fue mayor (P <.10) en los tratamientos 8 y 9, mientras que la altura menor fue en tratamiento 6. La altura de planta promedio fue similar a lo reportado por Diaz *et. al*; 2023 (306 cm) utilizando el híbrido H-386A y un manejo similar de fertilización. El contenido de materia seca a la cosecha fue superior (P< 0.10) en tratamiento 12 con media de 51%. La media general fue de 43.3% MS y fue ligeramente inferior a lo reportado en otros estudios similares de manejo de la fertilización (Arias *et. al*, 2023; Diaz *et. al*; 2023 Arias *et. al*, 2024). El rendimiento de materia verde (RMV) fue superior (P<0.10) en el tratamiento 2 comparado con los tratamientos 3, 8 y 11. El RMV promedio fue de 53.6 t ha^{1} es superior a lo reportado en otros estudios similares (Arias *et. al*, 2023; Diaz *et. al*; 2023 Arias *et. al*, 2024). El rendimiento de materia seca (RMS) no fue diferente entre tratamientos (P>0.10). La media general fue de 23.0 t ha^{1} es superior a lo reportado por Diaz *et. al*; 2023 et*. al*, 2024 con media de 17.2 y 16.3 t ha^{1} respectivamente. La proporción en base seca de forraje (tallos, hojas, espiga y totomoxtle) y elote (grano y olote) al momento de cosecha para ensilaje fueron similar (P>0.10) en los diferentes tipos de manejo de fertilización, con una media general de 55.1 y 44.9 %, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de forraje y calidad nutrimental del forraje.

TRT	ALT (cm)	MS (%)	RMV (t/ha)	RMS (t/ha)	PROPORCIÓN (% BS)		PC	EE	FDA	FDN	ALM	dFDN24h (%FDN)
					FOR	ELO	% de la MS					
1	316 ^{ab}	45.0 ^{b}	56.1 ^{abc}	24.9	54.3	45.7	7.9	2.6	31.9	58.5	25.6	50.6
2	316 ^{ab}	41.8 ^{bcd}	59.3 ^{a}	24.9	54.0	46.0	8.0	2.5	30.6	57.9	27.2	52.2
3	303 ^{bcd}	44.3 ^{bc}	50.4 ^{dc}	22.4	54.3	45.7	8.1	2.5	30.5	57.3	27.0	52.0
4	307 ^{bcd}	39.9 ^{cd}	52.0 ^{abcd}	20.7	53.3	46.7	7.7	2.6	32.3	59.8	26.5	51.5
5	302 ^{bcd}	44.7 ^{c}	51.5 ^{bcd}	23.0	55.7	44.3	8.0	2.6	33.0	59.8	24.2	49.2
6	293 ^{d}	42.7 ^{bcd}	56.2 ^{abc}	23.8	53.3	46.7	7.1	2.6	31.3	58.5	28.9	53.9
7	310 ^{abc}	40.8 ^{bcd}	59.2 ^{ab}	24.0	55.7	44.3	7.4	2.4	32.4	60.5	22.1	47.1
8	325 ^{a}	45.2 ^{b}	47.7 ^{d}	21.5	57.7	42.3	8.7	2.5	31.7	59.1	23.0	48.0
9	323 ^{a}	39.1 ^{d}	57.1 ^{abc}	22.4	58.0	42.0	7.4	2.5	32.1	60.7	25.4	50.4
10	314 ^{ab}	42.1 ^{bcd}	56.5 ^{abc}	23.7	55.7	44.3	8.3	2.4	32.9	60.7	26.5	51.5
11	298 ^{dc}	43.3 ^{bcd}	52.4 ^{d}	22.2	53.0	43.3	7.7	2.7	31.5	57.1	29.2	54.2
12	307 ^{bcd}	51.0 ^{a}	45.7 ^{abcd}	23.2	56.7	45.7	8.1	2.4	34.1	61.1	20.6	45.6
dms	**15.5**	**4.7**	**7.75**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

ALT= Altura de planta; **RMV**= Rendimiento de materia verde (t/ha), **RMS**= Rendimiento de materia seca (t/ha), **FOR**= Forraje; **ELO**= Elote; **MS**= Contenido de materia seca a la cosecha (%), **PC**= Proteína cruda (% MS), **EE**= Extracto etereo; **FDA**= Fibra detergente ácido (% MS), **FDN**=Fibra detergente neutro (% MS), **dFDN24**= Digestibilidad de FDN a las 24 h (% FDN), **ALM**= Almidón (% MS), **ENL**= Energía neta de lactación (Mcal/kg MS), **dms**= Diferencia mínima significativa (p<0.10) **ns**= no significativo

El contenido de proteína cruda, extracto etéreo, FDA, FDN, Almidón y digestibilidad de la FDN en forraje de planta de maíz completa no fueron diferente entre tratamiento (p>0.10) con medias de 7.8%, 2.5% 32.0%, 59.2% 25.5% y 50.5% (Cuadro 2).

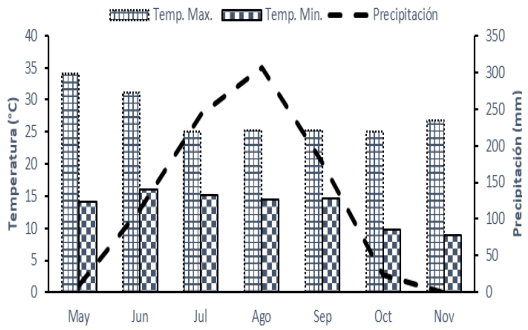


Figura 1. Datos climatológicos. Estación C.E. CEAJAL. 2024

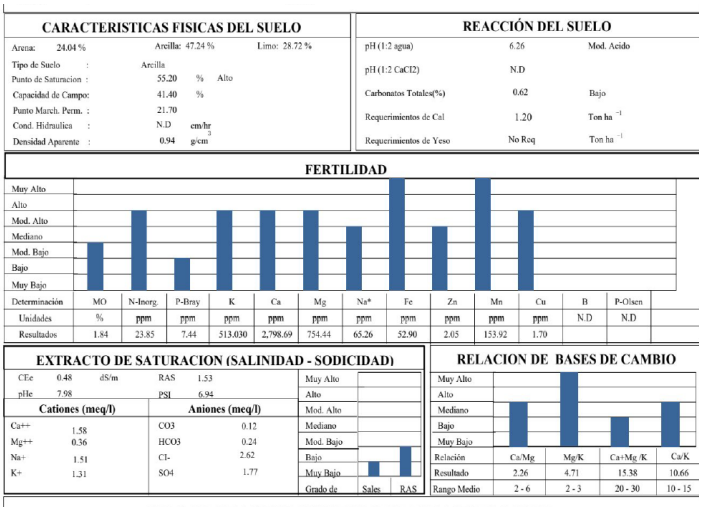


Figura 2. Características fisicoquímicas del suelo en C. E. CEAJAL 2024.

El temporal de lluvias 2024 del presente estudio (Figura 1) tuvo mayor precipitación y probablemente mejor distribución de la lluvia que los dos ciclos anteriores situación que pudo haber afectado el rendimiento del cultivo (Chuela *et al,* 2011). El resultado del análisis se puede constatar que el suelo tiene características típicas de problemas de retención de elementos, es moderadamente ácidos y con altos contenidos de manganeso y fierro (Figura 2). Lo anterior, son factores que pudieran influir en la dificultad para la absorción de elementos por la planta.

Conclusiones.

Bajo las condiciones en que se realizó el experimento, se concluye que la aplicación de abonos orgánicos combinado con fertilizante químico mantiene el rendimiento y calidad nutrimental del forraje de maíz al reducir el 46.6 % nitrogenado de la fertilización química (240-96-00) típicamente recomendada en la región.

Agradecimiento: Se agradece al proyecto Estrategia de Acompañamiento Técnico del Programa Producción para el Bienestar - Cosechando Soberanía, por el apoyo para la realización del presente trabajo.

Referencias bibliográficas

1. Arias-Chávez LE, Díaz-Mederos P., Palacios-Corona V., Villarreal-Rodas JH, Pérez-Domínguez JF. 2023. Evaluación de productos abonasa® para disminuir la fertilización química en la producción de forraje y grano de maíz. Agroevento. CNRG-INIFAP pag. 69-63.
2. Chuela B. M., Alemán M. V., Ramírez D. J. L., Ramírez Z. R., Soltero D. L. Ledesma M. A. 2011. Guía para producir maíz de temporal en el estado de Jalisco. Folleto técnico Núm. 11. INIFAP-CIRPAC Campo experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos Jalisco, México.
3. Gómez-Álvarez, R. y Huerta-Lwanga, E. (2015). El abono en la base de los cultivos orgánicos. Ecofronteras, Vol.19, Núm. 55, pp. 18-20, ISSN 2007-4549.
4. Murray, R., Bojórquez, J., Hernández, A., Orozco, M., García, J., Gómez, R., Aguirre, J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. Revista Biociencias, 1(3), 27–35.
5. Díaz-Mederos P., Villarreal-Rodas JH, Arias-Chávez LE, Pérez-Domínguez JF. 2024. Evaluación/validación de fertilizantes orgánicos combinados con fertilizantes químicos en la producción de maíz de temporal, ciclo p-v 2022. XIII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. Chihuahua Chih., 8-11 noviembre 2023.
6. Arias-Chávez LE, Díaz-Mederos P., Villarreal-Rodas JH, Pérez-Domínguez JF. 2024. Evaluación de abonos orgánicos combinados con fertilizante químico sobre el rendimiento y calidad nutricional del forraje maíz de temporal. LIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Memoria. Aguascalientes, Ags., 23- 26 octubre 2024.

Pappophorum vaginatum: PASTO CON POTENCIAL PARA RESTAURACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS.

Alicia Melgoza-Castillo[1*], Gerardo Vázquez Ramirez[2], José Humberto Vega Mares[1] y Otilia Rivero Hernández[1]

[1]Profesores y [2]estudiante de Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua,

* Autor para correspondencia: amelgoza@uach.mx

Palabras clave: restauración ecológica, germinación, estrés hídrico.

Introducción

El deterioro de los ecosistemas trae como consecuencia una reducción en la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos (SE). Una de las consecuencias más obvias en los ecosistemas deteriorados es la disminución o pérdida de la vegetación. En Chihuahua se calculan alrededor de 6,000 especies de plantas nativas(1) que representan la oportunidad para evaluación y selección de plantas para restauración y recuperación de los SE. Además de la recuperación de los estos, algunas de éstas plantas tienen potencial para otros usos, como ornamental. En este caso, estas plantas requieren de menos agua, sobre todo para su establecimiento al momento de plantarlas. A pesar de la importancia del uso de plantas nativas, en la restauración o para otros usos, se carece de estudios sobre su crecimiento y desarrollo que den las bases para elaborar paquetes tecnológicos sobre ellas. Uno de los aspectos importantes es la evaluación al estrés hídrico, el más común del ambiente (2). Por lo que el presente trabajo se enfoca a una gramínea nativa de zonas áridas, *Pappophorum vaginatum*.

Objetivos

Evaluar germinación y establecimiento en *P. vaginatum* bajo diferentes condiciones de humedad.

Materiales y métodos

La semilla de *P. vaginatum* fue sometida a potenciales osmóticos de 0, -0.5, -1.0, y -1.5 MPa con Manitol(3). En cajas Petri se colocaron 20 semillas con cuatro repeticiones y se incubaron a 26 C por 20 días. Diariamente se cuantificó número se semillas germinadas y se eliminaron para facilitar posteriores conteos. Plantas en la etapa de latencia fueron extraídos y llevadas a un vivero. Los macollos se cortaron a una altura de 10 cm, dividíos en módulos de 5 tallos y colocados en macetas. A estos se les aplicaron tres regímenes de riego: capacidad de campo, bajo y medio. Estos dos últimos fueron tratamientos (cantidad y tiempo de aplicación de riegos) basados en patrones de precipitación para pastizales(4,5). Después de dos meses, la cuantificación de establecimiento se basó en la proporción de tejido verde (crecimiento) observado en la planta. Los datos fueron sometidos a un ANOVA y pruebas de Tukey para determinar diferencias entre tratamientos.

Resultados

La semilla de *P. vaginatum* no mostro tolerancia ($P<0.05$) al estrés hídrico (Cuadro 1). Si bien la semilla presentó baja germinación a 0 MPa, esto se relaciona con la calidad: edad, estado de la semilla al colectara, almacenamiento, entre otros. A los -0.5 MPa, la germinación se reduce ($P<0.5$) lo que denota la sensibilidad al estrés hídrico. La Grafica 1 muestra que la germinación, a humedad constante ocurrió en el segundo día; mientras que a -0.5 MPa ocurrió hasta el cuarto día. Esto implica que con estrés de humedad no sólo se reduce la germinación sino también se atrasa. Por lo que, bajo condiciones de sequía es probable que no se presenta reclutamiento de plántulas. Otras plantas de zonas áridas muestran el mismo comportamiento, que sólo en años excepcionalmente húmedos ocurre reclutamiento de nuevas plantas en la población (4).
Los módulos trasplantados siguieron un patrón similar a la germinación. Sólo se logró establecer la planta a capacidad de campo (Figura 1). Con base en los patrones de precipitación, el riego medio recibió 10 mm en los 10 días que ocurren eventos de precipitación durante el verano en temporada de lluvia, mientras que el bajo sólo recibió esta cantidad durante 8 días. Las secuencias comunes presentes durante el verano en años con sequía no favorecieron el rebrote y establecimiento de *P. vaginatum*. Las plantas fueron colectadas en la etapa fenológica de latencia, por lo que se esperaba pudieran romper ésta etapa e iniciar

crecimiento. Los valores de reobre a capacidad de campo variaron del 30 al 100 %, con un promedio de 51 (± 7.8) %.

A pesar de que *P. vaginatum* no germina bajo estrés de humedad, esta gramínea puede ser cultivada bajo condiciones de invernadero y/o vivero y una vez adulta ser trasplantada en campo. En el caso del nulo rebrote en los regímenes bajo y medio niveles de riego, esto pudo deberse a que todo el experimento se llevó a cabo durante dos meses durante la etapa en que la planta está en latencia. La humedad no fue suficiente para romper esta etapa e iniciar crecimiento.

Cuadro 1 Porcentaje de germinación del pasto *Pappophorum vaigatum* con varios niveles de humedad

	Niveles hídricos (MPa)			
	0	-0.5	-1	-1.25
Germinación (%)	12.25 a	4.75 b	0 c	0 c

Literales diferentes son estadísticamente significativas (P<0.05)

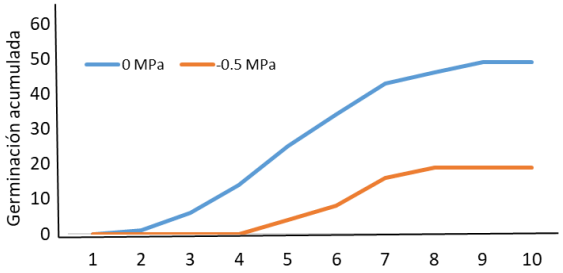


Figura 1 Numero de semillas germinadas de *Pappophorum vaginatum* con dos niveles de humedad



Figura 1. Crecimiento de *Pappophorum vaginatum* con tres niveles de humedad, de izquierda a derecha: bajo, mediano y capacidad de campo.

Conclusiones

La morfología de *P. vaginatum* tiene potencial para su uso como ornamental para parques y jardines. La importancia de esta especie o cualquier otra nativa radica en que, una vez establecida, no requiere riego o

bien algún riego de auxilio comparado con la mayoría de plantas exóticas que se utilizan en zonas áridas como ornamentales. Sin embargo, debido a la poca tolerancia al estrés hídrico se puede considerar no sembrarla desde semilla sino desarrollara en vivero para su posterior trasplante.

Así también, las plantas pueden ser trasplantadas en la etapa adulta durante la época de lluvias. En este trabajo la extracción y evaluación de establecimiento se realizó durante. Las etapas fenológicas son una respuesta adaptativa de las plantas de zonas áridas que les ha permitido sobrevivir a la distribución de la precipitación y temperatura. Por lo que, probablemente la baja humedad proporcionada a los macollos no fue suficiente para romper latencia; esto aunado a las temperaturas durante los días de primavera. El desarrollo de paquetes tecnológicos sobre propagación de plantas nativas no sólo representa material para prácticas de restauración ecológica; también representa nuevos mercados y empleos para habitantes rurales.

Referencias bibliográficas

1. González-Elizondo, M. S., González-Elizondo, M., López-Enríquez, I. L., Tena-Flores, J. A., González-Gallegos, J. G., Ruacho-González, L., Melgoza-Castillo, A., Villarreal-Quintanilla, J. Á., & Estrada-Castillón, A. E. (2017). Diagnóstico del conocimiento taxonómico y florístico de las plantas vasculares del norte de México. Botanical Sciences, 95(4), 760–779. https://doi.org/10.17129/botsci.1865
2. Yu, B., Chao, D. Y., & Zhao, Y. (2024). How plants sense and respond to osmotic stress. Journal of Integrative Plant Biology, 66(3), 394-423.
3. Helmerick, R. H. & Pfeifer, R. P. (1954). Differential varietal response of winter wheat germination and early groth to controlled moisture conditions. Agr. J. 46, 560-562.Gaskin, J. F., Espeland, E., Johnson, C. D., Larson, D. L., Mangold, J. M., McGee, R. A. y Tekiela, D. R. 2021. Managing invasive plants on Great Plains grasslands: A discussion of current challenges. Rangeland Ecology & Management, *78*, 235-249.
4. Esqueda, M. H., Melgoza, A., Cerecedo, M. S., Carrillo, R., & Jiménez, J. (2005). Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo. Técnica Pecuaria en México, 43(1), 101-115.
5. Rascón-Ramos, A. E., Martínez-Salvador, M., Sosa-Pérez, G., Villarreal-Guerrero, F., Pinedo-Alvarez, A., & Santellano-Estrada, E. (2021). Hydrological behavior of a semi-dry forest in Northern Mexico: Factors controlling surface runoff. Arid Land Research and Management, 35(1), 83-103.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE PASTO RHODES CON DIFERENTE TIPO DE FERTILIZACIÓN EN CLIMA TEMPLADO DE MICHOACÁN.

Juan Eduardo Godina-Rodríguez[1]*, J. Trinidad Sáenz-Reyes[2], Fernando Lucio-Ruíz[3], Jonathan Raúl Garay-Martínez[4], Andrés Gilberto Limas-Martínez[5]

[1]Campo Experimental Valle de Apatzingán, INIFAP, [2]Campo Experimental Uruapan, INIFAP,[3]Campo Experimental San Luis, INIFAP, [4]Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP, [5]Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

*Autor para correspondencia: godina.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Chloris gayana*, comportamiento productivo, biofertilización**.**

Introducción

Los forrajes son la principal fuente de alimentación de los rumiantes en los sistemas de producción, sin embargo, para asegurar una adecuada producción de forraje se debe realizar un manejo agronómico eficiente de la pradera, en este sentido, la fertilización juega un papel importante en la producción y calidad del forraje producido, por lo que, es necesario suministrar los nutrientes requeridos para cubrir las exigencias de las especies forrajeras. En los sistemas de producción la utilización de insumos externos como los fertilizantes conlleva al incremento de los costos de producción poniendo en riesgo su rentabilidad, en este sentido, la utilización de tecnologías de bajo costo como la biofertilización permite reducir los costos de producción e incrementar la rentabilidad de dichos sistemas (Polo, 2021). Sin embargo, el primer paso que se debe realizar es la evaluación de las fuentes de fertilización a utilizar sobre la producción de forraje y determinar si esta no se ve comprometida. Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la producción de forraje de pasto Rhodes con diferente tipo de fertilización en diferentes cortes.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el predio “El Pajal” de la localidad La Cruz, del municipio de Santa Clara del Cobre, Michoacán, ubicado a 19°24'28.3" latitud N y 101°41'10.6" latitud O, a 2172 msnm. La temperatura y precipitación media anual es de 16.4 °C y 1032 mm, respectivamente. El establecimiento de pasto Rhodes (*Chloris gayana*) se realizó en 2023, se utilizaron 16 kg de semilla, debido a que se estableció en sistema agroforestal asociado con diferentes especies de Pino (*Pinus devoniana* Lindley), (*Pinus greggii* Englem) y (*Pinus pseudostrobus* Lindl), los cuales se establecieron a una densidad de plantación de 1250 árboles por ha, con una separación entre hileras de 4 m y de 2 m sobre hilera, con altura promedio entre 40 y 50 cm. Entre hileras se dejó un espacio de 0.7 m en ambos lados para el desarrollo adecuado de los árboles, por lo que el área de las parcelas experimentales fue de 130 m^2 (2.60 x 50 m) y la parcela útil fue de 1 m^2. La evaluación de la producción de forraje se realizó durante el año 2024 en los meses de mayo a noviembre, que corresponde al periodo de máxima precipitación. Previo a la evalaución se realizó un corte de uniformidad el en las parcelas experimentales a intensidad de 10 cm (altura residual) el 12 de mayo. Posteriormente al alcanzar una altura entre 40 y 60 cm el forraje fue cosechado, lo anterior permitió realizar 3 cortes. Al realizar el corte de uniformidad y los cortes subsecuentes se aplicó fertilización, para lo cual, se evaluaron dos tipos de fertilización; química y química-orgánica. La fertilización química se realizó con 100 kg de Urea por ha y la fertilización química-orgánica con un biofertilizante líquido compuesto (BLC), elaborado con urea (2 kg), estiércol fresco de ganado vacuno (50 kg), ceniza (5 kg), leche (2 L), melaza (4 L), minerales: sulfato de calcio (CaSO4), sulfato de magnesio (MgSO4), sulfato de zinc (ZnSO4), 1 kg de cada uno, sulfato de cobre (CuSO4), sulfato de manganeso (MnSO4), sulfato ferroso (FeSO4), 300 g de cada uno y agua (aforada en un taque de 200 L.). El biofertilizante se diluyó al 10 % (20 L en 200 L de agua), para su posterior aplicación empleando (200 L ha).

Se evaluó la producción de forraje en materia seca (kg ha^{-1}) empleando el método del cuadrante, para ello se utilizó un cuadro de 1m × 1m, fabricado con tubos de PVC de ½”. Los muestreos serializaron de manera aleatoria por triplicado. Después de cada muestreo se realizó un corte de uniformidad en la pradera evaluada.

El forraje cosechado se pesó antes (materia verde) y después (materia seca), de la muestra de forraje obtenida en cada parcela útil se tomó una submuestra de 300 g, la cual se sometió a un proceso de secado en una estufa de aire forzado a temperatura de 60 °C durante 72 h, posteriormente, se pesó la muestra para obtener el peso de materia seca y después se calculó el rendimiento de materia seca en kg ha^{-1}.
Los valores obtenidos de materia seca en cada corte se analizaron con el programa estadístico SAS (2003) en un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2 × 3) mediante un analisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de medias mediante Tukey a una confiabilidad del 0.05.

Resultados y discusión
El analisis de varianza (Cuadro 1) indico que no existió diferencia estadística entre el factor fertilización y la interacción fertilización × corte ($p > 0.05$), mientras que, para el factor corte el análisis estadístico mostro diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Cuadro 1. Análisis de varianza del rendimento de materia seca en pasto Rhodes.

Fuente de variación	Cuadrados medios	Valor P
Fertilización	4873.5	0.7268
Corte	1603369.2	<0.0001
Fertilización * corte	2724.1	0.9386

El rendimento de materia seca en el corte 1 y 2 no presentó diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) en los diferentes tipos de fertilización (Cuadro 2). Sin embargo, el rendimento de materia seca en el corte 1 y 2 fue mayor con respecto al obtenido en el corte 3 ($p \leq 0.05$). El rendimento de materia seca disminuyó entre un corte y otro, en la fertilización química el rendimento de materia seca en el corte 2 y 3 fue menor 9 y 39 %, respectivamente, al obtenido en el corte 1, mientras que, en la fertilización quimia-orgánica el rendimento en el corte 2 y 3 disminuyó 10 y 42 %, respectivamente, con respecto al corte 1.
Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg ha^{-1}) de pasto Rhodes en diferentes cortes con diferente tipo de fertilización.

Tipo de fertilización	corte		
	1 (30-07-2024)	2 (12-09-2024)	3 (28-11-2024)
Química	2088 a	1913 a	1272 b
Química-orgánica	2149 a	1949 a	1260 b

Literales diferentes entre hileras (a, b) indican diferencia estadística ($p \leq 0.05$) entre cortes.

La disminución del rendimiento de materia seca entre cortes subsecuentes es un comportamiento que ha sido evidenciado por (González *et al*, 2020), la principal atribución a este comportamiento es el intervalo de corte, ya que, el forraje se cosechó cada 28 días, y de acuerdo con Liu *et al*. (2018) el intervalo entre un corte y otro debe ser mayor a 28 días, debido a que, posterior a ese lapso de tiempo la planta logra generar y translocar los nutrientes generados por la nueva área foliar. En el contexto anterior, Ascencio *et al*. (2019) al evaluar en rendimento de materia seca en pasto Rhodes a dos intervalos de corte (4 y 6 semanas) obtuvo menor rendimento de materia seca al cosechar a intervalo de 4 semanas (1495 kg ha^{-1}), con respecto al obtenido al cosechar a intervalo de 6 semanas (1870 kg ha^{-1}). En el contexto anterior, los rendimientos materia seca antes mencionados, son menores a los obtenidos en la presente investigación, lo anterior, se debe a que el tiempo que transcurrió ente un corte y otro fue superior a los 40 días. Por otra parte, en cuanto al tipo de fertilización, Gatie *et al*, (2022) al evaluar diferentes tipos de fertilización sobre la producción de materia seca de pasto Rhodes obtuvieron diferencias entre los tratamientos evaluados, El menor rendimento de materia seca se obtuvo en el tratamiento control (sin aplicación de fertilizante) con rendimento de 7.69 t ha^{-1}, seguido de los tratamientos NFS (nitrógeno, fosforo y azufre) y biolodo (estiércol de vaca) con rendimientos de 11.8 y 12.0 t ha^{-1}, respectivamente, sin diferencia entre ambos, mientras que el mayor rendimientos lo obtuvieron con el tratamiento combinado con 50% de NFS y 50% Biolodo con rendimento de materia seca de 12.6 t ha^{-1}. Los resultados anteriores son mayores a los obtenidos en la presente investigación, a lo cual se atribuye el manejo realizado en la pradera; tipo de fertilización, intervalo de corte y las condiciones climáticas, principalmente la precipitación la cual es de 1428-1521 mm, comparada con la del sitio de estudio de la presente investigación 1032 mm.

.

Conclusiones

El tipo de fertilización no influyó en la producción de materia seca de pasto Rhodes, por lo que, la fertilización química puede ser sustituida por la fertilización química-orgánica sin comprometer el rendimento de forraje.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sr. José García Amezquita por la facilitación del predio “El pajal” donde se realizó la evalaución.

Fuente financiadora

La presente investigación fue financiada con recursos propios

Referencias bibliográficas

1. Asencio V., E. Valencia, R. Ramos, P. Randel. 2019. Comportamiento en la asociación Chloris gayana cv. Callide con la Clitoria ternatea (L) Dne bajo cortes en diferentes épocas de cosecha. Revista Agropecuaria y Forestal 8(1): 13-18.
2. Getie A., B. Asmare, Y. Mekuriaw. 2022. Effects of fertilizer type on morphological characterstics, forage yield, deed yield and qualities of Rhodes grass (*Chloris gayana* K.) in Northwestern Ethiopia. Animal Science and Biotechnologies 55(1):1-12.
3. González M., A., J. R. Garay M., B. Estrada D., Á. Bernal F., A. G. Limas M., S. Joaquín C. 2020. Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto Insurgente e híbridos de *Urochloa.* Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 24:177-189.
4. Liu, Y., X. Yang, D. Tian, R. Cong, X. Zhang, Q. Pan and Z. Shi. 2018. Resource reallocation of two grass species during regrowth after defoliation. Frontiers in Plant Science 9:1767.
5. Polo L., E. A. 2021. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento de materia seca de especies de Brachiaria. Revista Especializada en Ciencias Agropecuarias 1(2):64-69.
6. SAS (Statistical Analysis System). 2003. User‘s Guide: Statistics, version 9.3. SAS Institute Incorporated, North Carolina, USA.

ANÁLISIS DE LOS CARÁCTERES MORFOLÓGICOS CUANTITATIVOS DE ACCESIONES DE YUCA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE CAMPO EXPERIMENTAL ROSARIO IZAPA.

José de Jesús Maldonado-Méndez[1*], Luis Antonio Gálvez-Marroquín[2], Manuel Grajales-Solís[1], Cándido Enrique Guerra-Medina[1],

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa. [2]INIFAP, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.

*Autor para correspondencia: maldonado.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: germoplasma, trópico, almidón.

Introducción

La yuca es considerada como una de las principales fuentes de energía para la alimentación humana en África, Asia y América. La producción mundial fue superior a los 270 millones de toneladas en 2014. El 53.7% fue producido por África, 30.7% por Asia y 15.6% por América (FAO, 2016). En México se desarrolla principalmente en las entidades de Tabasco con una producción de 13.3 mil toneladas, seguido de Michoacán y Morelos, con 3.3 y 1.8 mil toneladas, respectivamente (SIAP, 2017). Es una planta arbustiva que puede medir de 1.5 a 3.8 m de altura, se caracteriza por la presencia de tallos semileñosos y ramas en su parte media y superior. Existe amplia variabilidad genética con ecotipos de variedades regionales (MAG, 1991), es una plantan monoica, de ramificación simpodial, y con variaciones en la altura de la planta que oscilan entre 1 y 4 m, aunque la altura máxima no excede los 3 m, su propagación es vegetativa a través de los tallos. Requiere entre 10 a 12 horas luz, es decir es un cultivo de fotoperiodo corto, se adapta a días con fotoperiodos largos, hasta 14 horas luz, debido a que tiene la capacidad de realizar fotosíntesis como una planta C_3 o C_4 (Quirós y De Diego, 2006). Es sembrada desde el nivel del mar hasta los 600 m y seleccionada con fines de autoconsumo propiamente, ha hecho, que se generen ecotipos con características propias a ambientes de adaptación y a costumbres del productor. Por tradición desde la cultura Maya hace unos 1,400 años se ha generado una diversidad genética de adaptación al medio, que soportan largos períodos de sequía, por lo que esta riqueza genética debe ser evaluada para seleccionar accesiones de alto rendimiento y desarrollar programas de mejoramiento genético de esta especie.

Materiales y métodos

Lugar del estudio

El estudio se realizó en el Banco de Germoplasma de yuca del Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP, ubicado en Tuxtla Chico, Chiapas, cuyas coordenadas geográficas son 14.9758 y -92.1550, a una altitud de 440 msnm. El suelo es franco arenoso y el clima es cálido húmedo con lluvias en verano y la precipitación media anual es superior a 3,200 mm.

Materiales de evaluación y diseño experimental

Las accesiones de yuca del estudio corresponden a 50 recolecciones realizadas en Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz y Campeche, durante el periodo de febrero a agosto de 2024.

Manejo del cultivo

El establecimiento de las accesiones en campo se realizó con tallos de 25 cm aproximadamente y se sembraron de manera perpendicular a una profundidad entre 10 a 15 cm, la distancia entre matas fue de 60 cm y la distancia entre hileras de 1.5 m. El control de arvenses se realizó de forma manual. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con tres repeticiones, cada repetición consistió en tres plantas seleccionadas al azar.

Variables registradas

La actividad se realizó con base en 14 descriptores morfológicos (UPOV, 2017): longitud del lóbulo central, (HLLC), anchura del lóbulo central (HALC), distancia entre las cicatrices foliares (TDCF), número de lóbulos (HNL), longitud de peciolo (LP), longitud de estípula (LE), altura de tallo (AT), grosor de tallo (GT), altura a primera rama (APR), longitud de tubérculo (LTU), ancho de tubérculo (ATU), número de tubérculos (NTU),

peso de tubérculos (PTU) e índice de cosecha (IC). El registro de los caracteres cuantitativos de longitud se hizo con una regla graduada, el ancho con un vernier digital marca Truper y para el peso de tubérculos una báscula digital comercial.

Diseño experimental y Análisis estadístico
El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Los datos obtenidos se integraron en una matriz de datos y estos fueron analizaron mediante componente principales (SAS, 2020).

Resultados y discusión
El análisis de diversidad con variables cuantitativas indicó que los primeros cuatro componentes principales presentaron valores propios mayores a 1.0, y acumularon 63.88 % de la variabilidad fenotípica observada en las accesiones de yuca. EL primer componente principal explicó 24.52 % de la variación total, el segundo componente el 18.56 %, el tercer componente 12.97 % y el cuarto componente el 7.81 %. Amara et al. (2024) 67.42 % acumulada con seis componentes principales con 103 genotipos y 14 variables.

Al analizar la contribución de los variables cuantitativas en cada CP, mostraron que LTU, ATU, PTU, IC, y LE fueron positivos para el CP1. En tanto, HNL, APR y GT, contribuyeron de forma positiva al CP2. Las variables que mayor aportación a la variabilidad total fueron LTU, ATU, PTU, IC, HNL, APR y GT (Figura 1). Mientras la que menor variabilidad fue HLLC y PL. El análisis permitió determinar seis variables cuantitativas que explican la variabilidad total, las cuales pueden ser utilizadas para la selección de genotipos

Cuadro 1. Análisis de componentes principales, valor propio y porcentaje de variación de 14 características cuantitativas de accesiones de yuca.

Variable	CP1	CP2	CP3	CP4
HLLC	0.14	0.02	0.55	0.08
HALC	-0.24	0.26	0.37	-0.33
TDCF	-0.09	-0.44	0.09	0.32
HNL	-0.0003	0.44	-0.10	0.29
LP	0.06	0.16	0.53	-0.18
LE	0.36	-0.27	0.10	0.19
AT	0.06	-0.41	0.07	0.35
GT	0.15	0.36	0.23	0.14
APR	0.03	0.32	0.01	0.64
LTU	0.40	0.17	-0.03	-0.08
ATU	0.35	0.09	0.13	0.05
NTU	0.19	-0.09	-0.39	-0.18
PTU	0.48	0.07	-0.14	-0.12
IC	0.46	-0.05	0.04	-0.15
Valor propio	3.43	2.59	1.81	1.09
Proporción de la varianza (%)	24.52	18.56	12.97	7.81
Varianza acumulada (%)	24.52	43.09	56.07	63.88

Los genotipos 46, 47, 2 y 5 presentaron los mayores valores de las dimensiones de tubérculo e índice de cosecha, por el contrario, los genotipos 34, 19, 9, presentan los menores valores. En el CP2, los genotipos 14 y 43 presentan los mayores valores de número de lóbulos por hoja y grosor de tallo, pero los menores valores de altura de tallo y distancia de cicatrices foliares, En tanto, los mayores diámetros de distancia foliares los presentaron los genotipos 40, 35, 44, 21 entre otros. Finalmente, la mayor altura de tallo, lo presentan los genotipos 37 y 30.

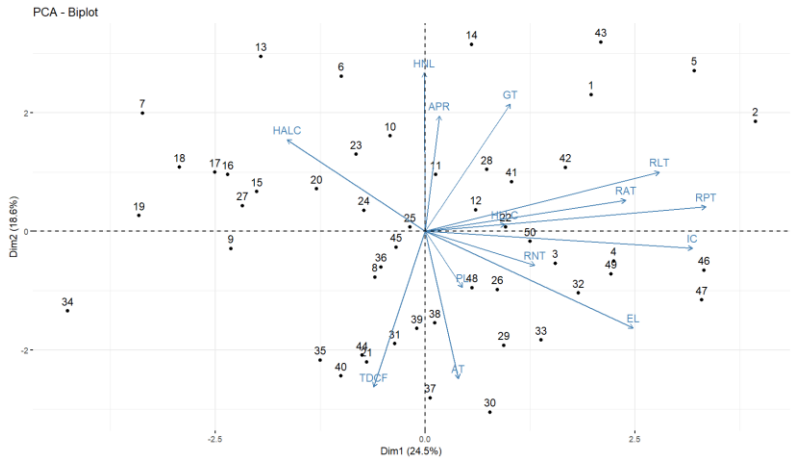


Figura 1. Dispersión de 50 accesiones de yuca en los primeros dos componentes principales a partir de 14 variables cuantitativas.

Conclusiones

Las 50 accesiones de yuca presentan amplia variación morfológica, por lo que se consideran un recurso genético todas las accesiones son poseedoras de los mejores genotipos tiene importancia por su alto valor alimenticio.

Los genotipos 46, 47, 2 y 5 pueden ser seleccionados para futuros proyectos de mejoramiento ya que presentaron los mayores valores de las dimensiones de tubérculo e índice de cosecha.

Fuente financiadora

Este trabajo fue parte del proyecto “Establecimiento del Banco de Germoplasma de Yuca (Manihot esculenta Crant), caracterización, evaluación productiva y nutricional en el Soconusco, Chiapas” financiado por la Estrategia de Acompañamiento Técnico, Producción Para el Bienestar.

Referencias bibliográficas

1. Amara, V., Samura, A. E., Norman, P. E., Kanu, S. A., Karim, K. Y., Tiendrebeogo, F., Eni, A. O. and Pita, J. S. 2024. Caracterización de el Mandioca (Manihot esculenta) Germoplasmaen Sierra Leona Basado en Agro-Morfológico y Culinario Traits. Horticulturae 10, 640. https://doi.org/10.3390/horticulturae10060540.
2. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2016. Identification of indicators for evaluating of sustainable animal diets. Animal Production and Health.
3. Quirós, AB; De Diego, JE. 2006. Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de yuca (Manihot esculenta). Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, ITCR. 121 p.
4. SIAP 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. http://www.gob.mx SIAP.articulos.yuca.mandioca.
5. SAS, System for Windows. 2020. SAS User’s Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina USA.
6. MAG, (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica) (1991). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos. San José, Costa Rica, DIA. 559 p.
7. UPOV, Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. 2017. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad Mandioca Código UPOV: MANIH_ESC (Manihot esculenta Crantz). Ginebra.

CARACTERIZACIÓN ESTOMATICA EN LEGUMINOSAS FORRAJERAS.

Edith Ramírez-Segura[1], Jaime N. Márquez-Godoy[2*], Abieser Vázquez-González[3], Yeairim E. Ramírez-Contreras[4].

[1]CENID AF, INIFAP. [2]C.E. Valle de Culiacán, INIFAP. [3]C.E. Santiago Ixcuintla, INIFAP. [4]Universidad de Guadalajara CU Lagos.

*Autor para correspondencia: marquez.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: adaptación, estrés hídrico, tolerancia.

Introducción

Los pastizales constituyen uno de los ecosistemas más importantes de México, abarcando aproximadamente 118, 320 km2, lo que representa el 6.1% del territorio nacional, los cuales sustentan la ganadería y mantienen la biodiversidad. Este ecosistema se caracteriza por tener condiciones ambientales extremas, caracterizadas por temperaturas elevadas, alta radiación solar, escasez de agua y suelos pobres en nutrientes (SEMARNAT, 2023). Sin embargo, muchas leguminosas forrajeras han desarrollado adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permiten sobrevivir y prosperar en estos ambientes. Uno de los principales mecanismos es la estructura y funcionalidad de los estomas, importantes en la transpiración, el intercambio de gases (CO_2 y O_2) y la fotosíntesis, especialmente en zonas propensas a la sequía o con variación climática. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar los estomas de leguminosas forrajeros presentes en México.

Materiales y métodos

La caracterización estomática se realizó en el Posgrado en Botánica del Colegio de Postgraduados de febrero a mayo de 2025. Se usaron cinco especies de leguminosas forrajeras presentes en el trópico de México: Campanita morada (*Clitoria ternatea*), Centrosema (*Centrosema macrocarpum*), Frijolillo de monte (*Macroptilium lathyroides*), Chícharo salvaje (*Vigna* spp.), Guaje blanco (*Leucaena leucocephala*). Se seleccionaron hojas jóvenes y libres de daños, de cada especie y se llevaron al laboratorio. Posteriormente, se tomó un cm^2 de la parte media de la hoja, librando la nervadura central, para obtener las impresiones epidérmicas del haz y del envés. Se aplicó una capa del compuesto comercial de cianocrilato (Kola Loka®) sobre un porta-objetos, posteriormente se colocó un cm^2 de la hoja en el sentido de las nervaduras, se dejó secar el pegamento por cinco minutos, posteriormente con pinzas de disección se retiró el segmento de la hoja. Por cada especie se realizaron diez repeticiones de las cuales se observaron ocho campos en un microscopio óptico (Carl Zeiss, Alemania) con aumento de 40x. Se tomaron fotografías de las impresiones obtenidas con la cámara de un teléfono celular adaptado a uno de los objetivos. Finalmente, las imágenes fueron analizadas con el programa “ImageJ”. **Variables evaluadas:** longitud de los estomas (LE, µm); ancho de los estomas (AE, µm); densidad estomática (DE; número de estomas mm^{-2}), la densidad de células epidérmicas (DCE; número de células epidérmicas mm^{-2}) y el índice estomático (IE) usando la expresión IE = [DE/(DE + DCE)] x 100. **Análisis estadístico**. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde el tratamiento fue la especie. Las variables LE, DE e IE se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey). Se comparó el haz y envés por separado y en conjunto por especies. Todos los análisis se realizaron con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2013), con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

En las especies evaluadas todas mostraron presencia de estomas en ambas caras de la hoja (haz y envés) por lo que se clasifican como especies afiestomáticas (Figura 1). La disposición y tamaño de estomas está asociada a la protección de la radiación solar y la pérdida de agua por desecación (Azcón-Bieto y Talón, 2008). De todos los órganos de la planta, la hoja es el más sensible a las condiciones del ambiente y en respuesta presenta alteraciones morfológicas como consecuencia de los efectos del estrés; en leguminosas forrajeras es vital, ya que estas células mantienen la homeostasis de la planta.

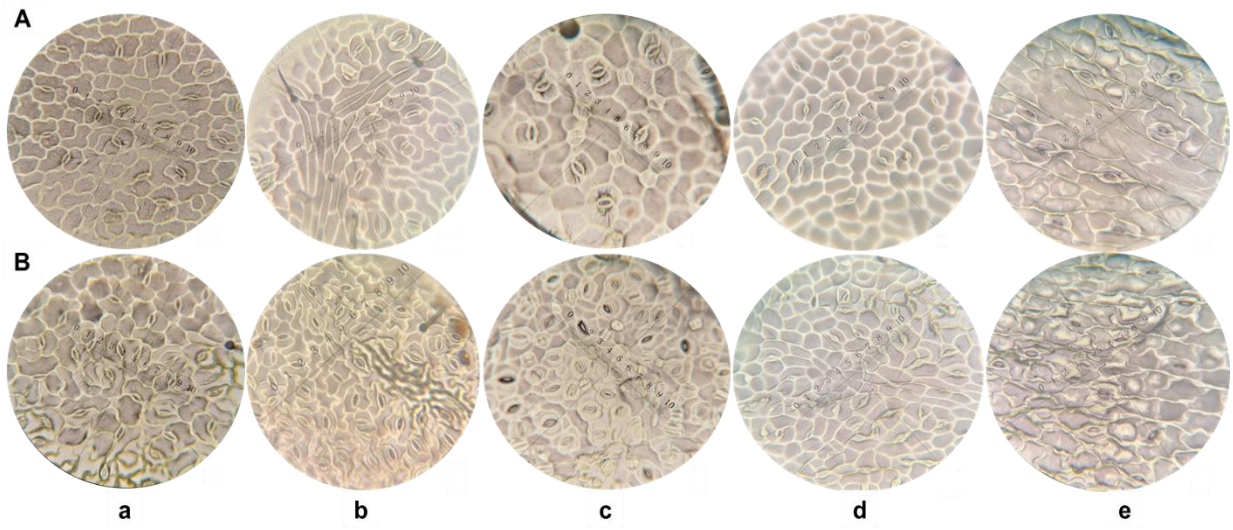


Figura 1. Estomas de leguminosas forrajeras presentes en el trópico de México. A) haz; B) envés observados a 40 x en microscopio óptico. a) Campanita morada, b) Centrosema, c) Frijolillo de monte, d) Chícharo salvaje, e) Guaje blanco.

La longitud media de los estomas varió entre 9.74 y 12.86 µm en haz; y 9.73 y 13.33 µm para el envés, estadísticamente no hubo diferencia entre las especies evaluadas. Mientras que el ancho de haz oscilo entre 6.28 y 11.10 µm, siento el valor más elevado para el frijolillo de monte, sin embargo, en el envés el ancho de los estomas vario entre 6.23 y 7.37 µm, este último valor observado en guaje blanco. El ancho de los estomas mostró diferencias significativas (Cuadro 1). La DE media varió entre 10 y 10 estomas mm^2 en haz; y 13 y 64 estomas mm^2 en envés. Campanita morada presentó mayor número de estomas en haz (19); Centrosema y frijolillo de monte presentaron mayor número de estomas en envés, 64 y 44, respectivamente. Por otro lado, la densidad de estomas mostró diferencias entre especies y superficie de hoja (Cuadro 1).

Cuadro 1. Atributos estomáticos en leguminosas forrajeras presentes en el trópico mexicano.

Especies	Variables LE (µm)		AE (µm)		DE		IE	
	Haz	Envés	Haz	Envés	Haz	Envés	Haz	Envés
Campanita morada	11.81^{a}	9.96^{a}	6.55^{b}	6.23^{b}	19^{a}	19^{c}	14.67^{b}	14.59^{b}
Centrosema	12.73^{a}	9.73^{a}	6.28^{b}	6.75^{b}	11^{b}	64^{a}	7.89^{c}	27.32^{a}
Frijolillo de monte	12.86^{a}	9.76^{a}	11.10^{a}	6.75^{b}	15^{b}	44^{b}	21.1^{a}	29.63^{a}
Chícharo salvaje	9.74^{a}	12.84^{a}	7.97^{b}	6.23^{b}	14^{b}	13^{c}	11.24^{b}	10.78^{b}
Guaje blanco	12.84^{a}	13.33^{a}	7.42^{b}	7.37^{a}	10^{b}	15^{c}	9.21^{b}	15.20^{b}

LE = largo de estoma (µm), AE = Ancho de estoma (µm), DE = Densidad de estomas (número mm^{-2}), IE = Índice estomático. Medias con letras diferentes representan diferencia estadística ($P < 0.05$)

El IE en haz fueron entre 7.89 y 21.1, en envés los valores oscilaron entre 10.78 y 29.63. Centrosema presento el menor IE en haz, mientras que chícharo salvaje en envés; aunque los valores máximos se observaron en la especie Frijolillo de monte en ambas superficies evaluadas. El índice estomático mostró diferencias significativas entre especie (Cuadro 1).

En estudios relacionados con la anatomía foliar se ha reportado que el IE puede variar dentro de la misma hoja según la parte del limbo que se analice (ápice, media o base), posición de la hoja en la planta y también del ambiente ecológico, el cual puede ejercer cierta influencia sobre este carácter (Rubino *et al*., 1989). Del mismo modo, la DE parece estar relacionada con ciertas familias, y existe relación entre la DE y el tamaño de las células oclusivas, de tal manera que una alta DE se presenta en plantas con células oclusivas pequeñas y viceversa. Diversos autores han señalado que la disminución de la DE incrementa la resistencia estomática de la planta, la cual limita el exceso de transpiración; además se ha demostrado que tanto la

DE como el IE están influenciadas por la especie vegetal y por condiciones ambientales y nutricionales como sequía y altas concentraciones salinas (Rubino *et al*., 1989; Salas *et al*., 2001).

El análisis de varianza (Cuadro 2) mostró diferencias ($P < 0.05$) entre las especies evaluadas con las variables estomáticas a excepción de largo de estoma ($P > 0.5810$), lo que puede indicar que las diferentes especies presentan estomas del mismo largo. Esto podría indicar que la LE está menos influenciada por factores ambientales o adaptativos en comparación con las otras variables. En cuanto a las demás variables las especies podrían diferir significativamente, a lo que se le pudiera atribuir adaptaciones específicas (temperatura, precipitación, suelo, etc.) de cada especie dependiendo de su lugar de recolecta.

Cuadro 2. Cuadrados medios y nivel de significancia estadística del análisis de varianza de las variables estomáticas evaluadas en las cinco especies de leguminosas forrajeras.

Fuente de variación	Largo de estoma	Ancho de estoma	Densidad estomática	Índice estomático
Especie	1.70	2127.47**	530.57**	159.01**
Parte	5.64	2773.47**	1628.39**	245.22**
Interacción (especies*parte)	5.97	2140.58**	651.48**	73.80**
Coeficiente de variación (%)	18.84	31.18	12.20	13.30

*, ** nivel de significancia al 0.05 y 0.0001, respectivamente.

Conclusión

Las especies evaluadas son anfiestomáticas. Estos datos son útiles para identificar especies con potencial de adaptación a diversas condiciones cambiantes del clima y con potencial para desarrollar programas de estrategias de manejo, conservación, aprovechamiento, mejoramiento genético y conservación de recursos.

Referencias bibliográficas

1. Azcón-Bieto, J., y Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2nd ed. Mc Graw-Hill Interamericana.
2. Rubino, P., E. Tarantino y F. Rega. 1989. Relationship between soil water status and stomatal resistance of tomatoes. Irrigacione e Drenaggio 36: 95-98
3. Salas, J., M. Sanabria y R. Pire. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. Bioagro 13(3): 99-104.
4. SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2023. Parámetros de calidad del propágulo de pastos de zonas áridas y semiáridas de México. https://www.gob.mx/inifap/articulos/parametros-de-calidad-en-propagulos-de-pastos-de-zonas-aridas-y-semiaridas-de-mexico. Consultado el 15 de junio del 2025.

EVALUACIÓN DE LA BIOMASA FORRAJERA EN UN PASTIZAL RESTAURADO CON OBRAS DE CONSERVACION BAJO DISTINTOS ESQUEMAS DE MANEJO.

Gabriela Chaverría Méndez [1]*, Catarina Loredo Osti[1], Sergio Beltrán López[2], Ángel Natanael Rojas Velázquez[1], Pablo Delgado Sánchez[1]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí;
[2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CE San Luis

*Autor para correspondencia: A254443@alumnos.uaslp.mx

Palabra clave: forraje, restauración, producción.

Introducción

Los pastizales son ecosistemas dominados por comunidades vegetales compuestas principalmente por gramíneas, especies herbáceas, arbustos, o mezclas de estas, ya sean especies perenes o anuales. Estas áreas por su amplia extensión, capacidad de adaptación y funcionalidad, representan una fuente esencial de alimento para la ganadería, lo que las convierte en territorios clave tanto por su rol ecológico como productivo (Miranda, 2021). Una de las principales amenazas que enfrentan estos ecosistemas es el sobrepastoreo; en las zonas áridas y semiáridas de México, los agostaderos son el ecosistema más erosionado (Beltrán *et al*., 2005). Los ecosistemas áridos y semiáridos abarcan cerca de un tercio de la superficie terrestre y son el hogar de aproximadamente el 35% de la población mundial (Gutiérrez *et al*., 2022). De estos territorios al menos el 60% enfrenta serios procesos de degradación (Tácuna *et al.,* 2021) lo que agrava la vulnerabilidad de actividades económicas fundamentales como la ganadería extensiva.
Ante esta problemática una de las principales estrategias por instituciones públicas y organismos dedicados al desarrollo rural ha sido la restauración ecológica mediante el ordenamiento territorial, la promoción de servicios ecosistémicos y la implementación de obras de conservación del suelo y agua (Loredo *et al*., 2007). Estás acciones buscan revertir los efectos negativos de degradación por erosión hídrica, particularmente en zonas con alta presión ganadera. En este contexto las estrategias de manejo sustentables para los pastizales deben considerar prácticas de conservación del suelo. Desde el año 2005 se estableció en el estado de San Luis Potosí, un programa de microcuencas; una de las beneficiadas fue la microcuenca Portezuelo, donde se ubica la zona de estudio del ejido Monte Caldera. Se establecieron bordos en curvas a nivel (terrazas de formación sucesiva en 2005; en 2013 en se realizó una reforestación con *Pinus greggi*. El presente estudio tiene como objetivo evaluar la producción de biomasa forrajera en un pastizal bajo diferentes esquemas de manejo y donde se han realizado obras de conservación del suelo (terrazas de formación sucesiva).

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la localidad Monte Caldera, municipio Cerro de San Pedro, San Luis Potosí. El predio bajo estudio se localiza entre los 22.17 y 22.19º Latitud Norte; 100.71 y 100.73º Longitud Oeste; la altura sobre el nivel del mar se encuentra entre los 2250 y 2114 msnm. El clima corresponde al tipo seco estepario templado con precipitación y temperatura media anual de 392.5 mm y 14.9°C respectivamente; el periodo de lluvias es de junio a septiembre, ocasionalmente llueve en octubre. Las temperaturas más bajas se presentan de noviembre a febrero y las más altas de abril a agosto. Con relación al tipo de suelo, corresponde a un feozem lúvico de textura media a fina con pendiente ondulada, asociado a suelos del tipo leptosol (Loredo *et al*., 2007). En el cuadro 1 se presentan los tratamientos evaluados.
Producción de Biomasa
En los sitios bajo estudio, especialmente en los dos restaurados, se observó la presencia de pasto seco en gran cantidad y se decidió hacer el muestreo separando el pasto fresco y el pasto seco. Se colectó la biomasa presente en un cuadrante de 0.5 m x 0.5 m. Las muestras fueron colectadas después del periodo de lluvia, mediante el método de corte y separación. Se extrajo toda la biomasa vegetal cortando al ras del suelo, tanto pastos frescos como pasto seco. En el laboratorio de suelo y agua de la facultad de Agronomía y Veterinaria, las muestras fueron deshidratadas a 70°C durante 72 h, hasta obtener peso constante; enseguida se obtuvo la cantidad de materia seca expresada en ton ha^{-1} de materia seca (Tácuna *et al.,* 2021).
Descripción de los Sitios de Muestreos

Cuadro 1. Sitios de muestreo correspondientes a los tratamientos bajo evaluación.

Sitio/ Tratamiento	Manejo del ganado	Acciones de conservación	Reforestación
Sitio 1: PPMR	Pastoreo controlado	TFS en CN	Reforestado
Sitio 2: PPM	Pastoreo controlado	TFS en CN	No reforestado
Sitio 3: PC	Pastoreo continúo controlado	Sin obras	No reforestado
Sitio 4: PD	Sobrepastoreo	Sin obras	No reforestado

PPMR: Pastizal con prácticas mecánicas y reforestado; PPM: Pastizal con prácticas mecánicas; PC: Pastizal con pastoreo continuo controlado; PD: Pastizal sobrepastoreado, degradado; TFS en CN=Terrazas de formación sucesiva en curvas a nivel

Análisis Estadístico
El diseño experimental utilizado para el análisis estadístico fue un completamente al azar, considerando 4 tratamientos con un total de 5 repeticiones, donde los tratamientos fueron los descritos en el cuadro 1. Para separar los promedios de los parámetros estudiados se utilizó una prueba de medias de Tukey (P=0.05). Todas las pruebas estadísticas correspondientes fueron procesadas utilizando el software SAS v.9.2 (SAS Institute, 2004).

Resultados y discusión
En la figura 1, se observan los resultados obtenidos para la producción de biomasa forrajera total, pasto fresco y pasto seco.

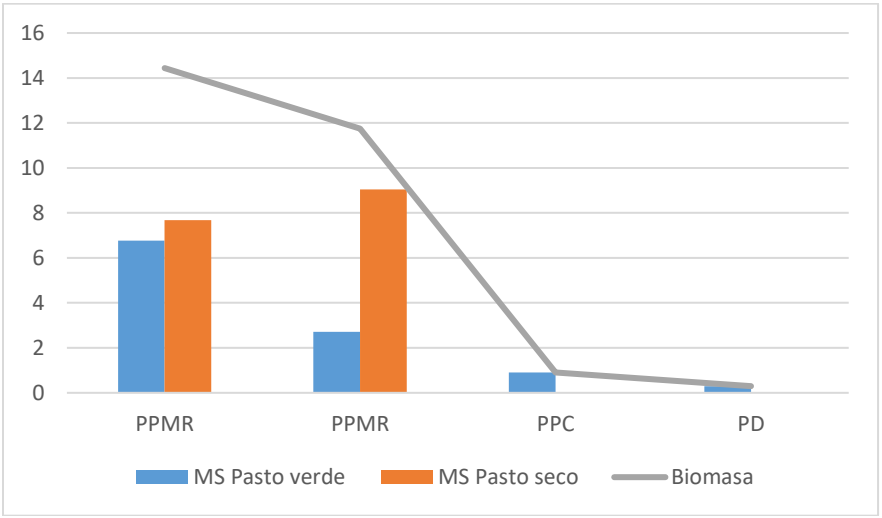


Figura 1. Producción de biomasa, pasto verde y pasto seco, en los sitios de evaluación. *PPMR: pastizal con prácticas mecánicas y reforestado, PPM: pastizal con prácticas mecánicas, PC: pastizal con pastoreo continuo, PD: pastizal degradado. M*edias con letras desiguales, difieren significativamente para la Prueba de Tukey (α ≤ 0,05).

La máxima producción de forraje (pasto fresco expresado en ton MS ha^{-1}), ocurrió en los sitios donde se realizaron actividades de prácticas mecánicas y reforestado (PPMR y PPM) que registraron una producción de 14.43 y 11.75 ton MS ha^{-1} respectivamente. Ambos sitios superan estadísticamente a los sitios de Pastizal con Pastoreo Continuo y Pastizal Degradado (PC y PD) de los cuales ninguno de los dos sitios se llegó a contabilizar más de 1 ton MS ha^{-1}.
Por otro lado en cuanto a la cantidad de biomasa proveniente del pasto seco contabilizado, fue el sitio PPM quien reportó la máxima cantidad con un total de 9.04 ton MS ha^{-1} con una diferencia de 1.37 ton a la biomasa registrada en PPMR (7.67 ton MS ha^{-1}), esto es causado por la transformación del pastizal a ecosistema forestal ya que este sitio fue reforestado por *Pinus greggi*.

.

Conclusiones

Las obras de conservación del suelo y agua evaluadas generan incremento en la producción de biomasa forrrajera.

Referencias bibliográficas

1. Beltrán, L.S., C. Loredo O. y J. Urrutia M. 2005. Manejo y rehabilitación de agostaderos en zonas áridas y semiáridas. In: Loredo O. C. (Ed). 2005. Prácticas para la conservación de suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE- Campo Exp. San Luis. Libro Técnico No 1. San Luis Potosí, S. L. P. México. 187 p.
2. Gutiérrez-Luna, R., Castillo-Quiroz, D., Castillo-Reyes, F., Antonio-Bautista, A., Martínez-Trejo, G., Sáenz-Reyes, J. T. (2022). Evaluación de prácticas de manejo de suelo para la siembra de zacate Buffel (Cenchrus ciliaris L.), bajo condiciones de temporal en el sureste de Coahuila. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 18 (1), 39-47.
3. Loredo-Osti C. Beltrán-López, S. Moreno-Sánchez, F y Casiano-Domínguez, M (2007). Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí; Libro técnico No. 3 INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México, 209p.
4. Miranda, F. W. (2021). Introducción al manejo del pastizal: consideraciones generales. Agencia de Extensión Rural Formosa, INTA.
5. Tácuna, Raúl E., Aguirre, Lucrecia, y Flores, Enrique R. (2021). Cambios en la estructura de la vegetación y función hidrológica en respuesta al descanso del pastizal. *Ecología Aplicada*, 20(2), 127-136. Epub 30 de diciembre de 2021. ISSN 1726-2216 Versión impresa / ISSN 1993-9507 Versión electrónica. DOI: https://doi.org/10.21704/rea.v20i2.1803

CARACTERÍSTICAS ESTOMÁTICAS DE *Bouteloua gracilis* Y *Stipa clandestina*, GRAMÍNEAS NATIVAS DEL ALTIPLANO TAMAULIPECO.

Jesús E. Ochoa-Lechuga[1], Jonathan R. Garay-Martínez[2*], Edith Ramírez-Segura[3], Fernando Lucio-Ruiz[4], Wilbert A. Poot-Poot[1], Santiago Joaquín-Cancino[1]

[1]Facultad de Ingeniería y Ciencias-UAT, [2]Campo Experimental Las Huastecas-CIRNE-INIFAP, [3]CENID Agricultura Familiar-INIFAP, [4]Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP

*Autor para correspondencia: garay.jonathan@inifap.gob.mx

Palabras clave: densidad estomática, eficiencia en el uso del agua, pastizales.

Introducción

Los pastizales en México abarcan alrededor del 25 % del territorio, sin embargo, estos ecosistemas se han reducido hasta un 14 %, debido principalmente a las actividades agrícolas. Además, se estima que alrededor del 95 % de los pastizales que aún existen muestran signos de degradación, principalmente por el sobrepastoreo continuo y la falta de manejo adecuado. Esta situación no solo afecta la productividad del suelo, sino también el bienestar de miles de familias que dependen de estos ecosistemas para su subsistencia. Frente a este panorama, se vuelven importantes los pastos nativos, no solo como recurso forrajero, sino también como alternativas clave en los procesos de restauración ecológica. Su diversidad genética y morfológica les confieren atributos que les permiten sobrevivir y desarrollarse en ambientes extremos, donde otras especies difícilmente prosperan. Algunas de estas plantas han demostrado una notable capacidad para tolerar sequías prolongadas y adaptarse a las oscilaciones térmicas extremas que caracterizan al clima de las zonas semiáridas del país (Ramírez-Ojeda *et al*., 2024). En este contexto, es indispensable realizar evaluaciones que vayan más allá de los parámetros productivos convencionales e incorporen análisis anatómicos y fisiológicos que permitan comprender las estrategias adaptativas de los pastos nativos frente a condiciones ambientales adversas. Estudios han demostrado que rasgos como la densidad estomática, la anatomía foliar y la arquitectura de la planta están íntimamente ligados a su eficiencia en el uso del agua, al intercambio gaseoso y, en última instancia, a su productividad en ambientes semiáridos (Álvarez-Holguín *et al*., 2018). Por ejemplo, las especies que presentan una mayor densidad estomática o estomas distribuidos de manera estratégica en el haz y el envés tienden a mostrar una mayor capacidad de adaptación frente al estrés hídrico, al optimizar la absorción de CO_2 y minimizar la pérdida de agua por transpiración (Lawson *et al*., 2014). Estos atributos no solo ofrecen ventajas fisiológicas, sino que también representan criterios clave para seleccionar genotipos con potencial forrajero y ecológico en programas de conservación y rehabilitación de pastizales. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la densidad y distribución de los estomas de dos pastos nativos del Altiplano Tamaulipeco.

Materiales y métodos

En el mes de septiembre de 2024 se identificaron a los pastos nativos: Navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths.] y Zacate picudo (*Stipa clandestina* Hack.; Cuadro 1), en el Altiplano Tamaulipeco, México: El clima en esta región se clasifica como semiárido, templado (BS_1 hw).

Cuadro 1. Pastos nativos del Altiplano Tamaulipeco, México.

Nombre Común	Nombre científico	Coordenadas	Sitio
Navajita	*Bouteloua gracilis*	23.30505 -99.66809	El Capulín, Bustamante, Tamaulipas, México.
Picudo	*Stipa clandestina*	23.35515 -99.51509	El salto, Palmillas, Tamaulipas, México.

Para la obtención de las impresiones de los estomas, se seleccionaron tres hojas bien desarrolladas (con lígula presente) y sin malformaciones de la mitad de la altura total de los pastos, en donde se aplicó una fina capa de esmalte en la parte central de la hoja y se dejó secar por tres minutos, posteriormente se retiró con ayuda de cinta adhesiva transparente y se colocó en un portaobjetos. La visualización se realizó con un microscopio de aumento de 40 x y se tomaron fotografías de cinco campos ópticos al azar de (24,490 μm^2), en los cuales se contabilizó el número total de estomas (NE) y células epidérmicas (NCE), posteriormente, se determinó la densidad estomática (DE) en mm^2 (Figura 1). Además, con el NCE y NE se calculó el índice estomático (IE) mediante la ecuación propuesta por Wilkinson (1979). El área

estomática (AE) se determinó con ayuda del software ImageJ, en donde se midió el área de cinco estomas y se expresaron en μm^2, esto se realizó para el envés y haz de la hoja de las dos especies de pastos. Los datos que se obtuvieron de cada una de las variables se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, Institute Inc.), mediante un análisis completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones, al encontrar diferencias significativas se realizó una prueba de Tukey (α=0.05).

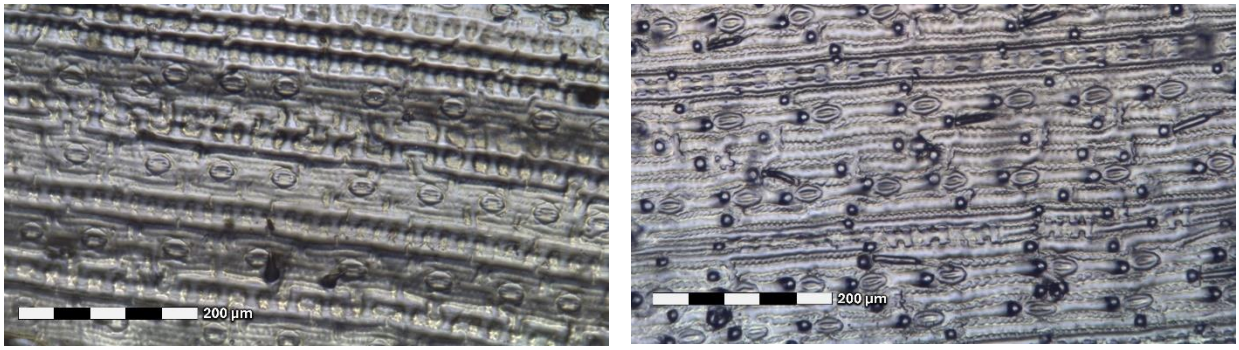


Figura 1. Microfotografías de la superficie abaxial (envés) de *Bouteloua gracilis* (izquierda) y *Stipa clandestina* (derecha), especies de gramíneas nativas del Altiplano Tamaulipeco.

Resultados y discusión

Se observaron diferencias en las características estomáticas en ambas superficies foliares para los dos pastos evaluados (Cuadro 2). En el envés, el pasto Navajita presentó los mayores valores respecto al NE (52.5), NCE (249.8) y DE (165.7 estomas mm^{-2}); sin embargo, el área promedio de los estomas fue menor en comparación con el pasto Picudo (404. 7 *vs.* 470.8 μm^2).

Cuadro 2. Características estomáticas en dos especies de pastos nativos del Altiplano Tamaulipeco, México.

Superficie foliar	Especie	NE*	NCE*	IE	DE (estomas mm^{-2})	AE (μm^2)
Envés	Navajita	52.5 a	249.8 a	18.0	165.7 a	404.7 b
	Picudo	39.0 b	177.2 b	17.5	123.1 b	470.8 a
	Valor-P	<0.0001	0.0002	0.6333	<0.0001	<0.0001
Haz	Navajita	71.3 a	278.5 a	20.4 a	225.1 a	156.6 b
	Picudo	27.2 b	139.9 b	16.2 b	85.8 b	407.6 a
	Valor-P	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	<0.0001

NE: Número de Estomas; NCE: Número de células epidérmicas; IE: Índice estomático; DE: Densidad estomática; AE: Área estomática. *Número por campo visual (24,490 μm^2). Literales diferentes (a, b), indican diferencia estadística significativa (Tukey; α=0.05).

En el haz, el pasto Navajita también superó a Picudo en cuanto a NE (71.3), NCE (278.5), IE (20.4) y DE (225.1 estomas mm^{-2}). Sin embargo, al igual que en el envés, los estomas del Navajita fueron más pequeños, con un área promedio de 156.6 µm² frente a los 407.6 µm² observados en Picudo. Además, se identificó una marcada diferencia en el tamaño estomático entre ambas superficies foliares dentro de cada especie: en Navajita, los estomas del haz fueron aproximadamente un 61 % más pequeños que los del envés, mientras que en Picudo la diferencia fue de solo un 13 %, lo que sugiere distintos niveles de adaptación en la morfología estomática frente a factores ambientales como la radiación o el estrés hídrico. A pesar de las diferencias observadas en este estudio, el comportamiento estomático en el envés sugiere una respuesta fisiológica semejante entre ambas especies, posiblemente como resultado de estar expuestas a condiciones ambientales homogéneas. En tales contextos, las plantas con estrategias adaptativas similares tienden a exhibir patrones fisiológicos equivalentes, particularmente en procesos como el intercambio gaseoso (Márquez-Godoy *et al*., 2024). Un mayor número de estomas se ha asociado con una regulación más eficiente de la transpiración bajo condiciones de estrés térmico, lo que puede favorecer la conservación del agua en momentos críticos (Álvarez-Holguín *et al*., 2018). No obstante, al tratarse de especies con metabolismo C_4, tanto Navajita como Picudo presentan estomas distribuidos en

ambas superficies de la hoja, y poseen la capacidad de cerrar sus estomas temporalmente sin detener el proceso fotosintético, gracias a su habilidad para almacenar CO_2 internamente. Esta característica representa una ventaja adaptativa importante en ambientes áridos, al reducir pérdidas excesivas de agua por transpiración (Lawson *et al*., 2014). En cuanto al AE, el pasto Picudo mostró estomas significativamente más grandes (407.6 y 470.8 μm^2, en haz y envés, respectivamente) en comparación con Navajita (156.6 y 404.7 μm^2, en haz y envés, respectivamente). Este hallazgo cobra relevancia si se considera que algunos estudios han sugerido que una menor densidad e índice estomático, combinados con estomas de mayor tamaño, podrían estar vinculados con una mayor producción de biomasa (Álvarez-Holguín *et al*., 2018). Esto resulta particularmente importante para los sistemas ganaderos de regiones semiáridas, donde la eficiencia en el uso del agua y la productividad forrajera son factores críticos. Cabe señalar que la densidad estomática puede verse influenciada por múltiples factores, entre ellos la intensidad de la radiación solar y las temperaturas extremas (Lawson et al., 2014). En respuesta a estos desafíos, se han impulsado nuevas estrategias dentro de los programas de mejoramiento genético, orientadas a optimizar la distribución y funcionalidad de los estomas, con el objetivo de desarrollar variedades más eficientes en la regulación hídrica y en la absorción de CO_2, aspectos fundamentales ante los retos que impone el cambio climático (Álvarez-Holguín *et al*., 2018; Márquez-Godoy *et al*., 2024).

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que los pastos Navajita y Picudo, a pesar de crecer en condiciones similares, presentan adaptaciones estomáticas distintas. Navajita se caracterizó por tener un mayor número de estomas y mayor densidad estomática, lo que sugiere una mejor capacidad para regular la pérdida de agua bajo condiciones de estrés hídrico. En cambio, Picudo presentó estomas más grandes, rasgo que podría estar vinculado con una mayor eficiencia fotosintética y un mayor potencial de producción de biomasa. También se observaron diferencias marcadas entre el haz y el envés, especialmente en Navajita, lo que apunta a un grado más alto de especialización frente a factores como la radiación solar. Al ser especies con metabolismo C_4, ambas muestran ventajas al mantener la fotosíntesis activa aun con estomas parcialmente cerrados, lo que resulta crucial en ambientes secos. En conjunto, estos resultados ofrecen información valiosa para el diseño de estrategias de mejoramiento genético que busquen incrementar la eficiencia en el uso del agua y la resiliencia de los sistemas forrajeros frente al cambio climático.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento del proyecto 12563636430-Colecta, conservación y multiplicación de gramíneas nativas y leguminosas importantes en la recuperación de agostaderos en la región árida-semiárida de México.

Referencias bibliográficas

1. Álvarez-Holguín A., Morales-Nieto C.R., Corrales-Lerma R., Avendaño-Arrazate C.H., Rubio-Arias H.O., Villarreal-Guerrero F. 2018. Caracterización estomática, concentración de clorofila y su relación con producción de biomasa en *Bouteloua curtipendula.* Agronomía Mesoamericana, 29(2): 251-261. https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29900
2. Lawson, T., Simkin A.J., Kelly G. Granot D. 2014. Mesophyll photosynthesis and guard cell metabolism impacts on stomatal behaviour. New Phytologist, 203(4): 1064-1081. https://doi.org/10.1111/nph.12945
3. Márquez-Godoy J.N., Morales-Nieto C.R., Corrales-Lerma R., Álvarez-Holguín A. 2024. Caracterización estomática de poblaciones de pasto Lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el norte de México. Tecnociencia Chihuahua, 18(1): e1376. https://doi.org/10.54167/tch.v18i1.1376
4. Ramírez-Ojeda G., Ramírez-Segura E., Barrera-Guzmán L.A., Vásquez-Gonzáles A. 2024. Ecogeography and climate change in forage grasses from arid and semi-arid regions of Mexico. Grasses, 3(2): 110-129. https://doi.org/10.3390/grasses3020008
5. Wilkinson H.P. 1979. The plant surface (mainly leaf). In: Metalcafe C.R., Chalk L. (eds.), Anatomy of the dicotyledons. Vol. 1. Systematic Anatomy of the Leaf and Stem. 2nd ed. Claredon Press, Oxford, GBR. p. 97-117.

DINÁMICA DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL EN PASTIZALES DE MONTAÑA: ESTUDIO DE CASO TERRENATES ALTO.

Carmelo Pinedo Álvarez[1*], María Kamila Reyna Porras[2], José Humberto Vega Mares[1] y Alicia Melgoza Castillo[1]

[1]Profesores y [2]estudiante de Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

* Autor para correspondencia: cpinedo@uach.mx

Palabras clave: coeficiente de agostadero, producción forrajera, utilización de pastizales.

Introducción

Estudios de la década de los 60´s a la fecha ubican a los pastizales del estado de Chihuahua como un ecosistema amenazado. Su monitoreo es de gran importancia para poder determinar el estado de salud que guardan. La productividad forrajera es un indicador importante, sobre todo en pastizales que presentan una topografía con grados de pendiente elevada. Este indicador es clave en la determinación de los Coeficientes de Agostadero (CoA) y la Capacidad de Carga Animal (CAA) en la producción de bovinos de carne. El conocimiento del balance de producción forrajera en diferentes periodos de tiempo es importante para la planeación estratégica de la ganadería bajo pastoreo extensivo [(1,2)] así como del mantenimiento de sus servicios ecosistémicos[(3)].

Objetivo

Examinar la CCA conforme al CoA con la dinámica de producción de forraje en pastizales de montaña en dos periodos: COTECOCA (1978) – actual (2023).

Materiales y métodos

El polígono original del predio se descargó de la base vectorial del registro agrario del Gobierno del Estado de Chihuahua y se actualizó con datos de campo vía Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El CoA y la CCA se estimaron a partir de los datos de producción de forraje muestreados en 2023 [(4)] y los CoA reportados por COTECOCA en 1978. La altitud, pendiente y topoformas se obtuvieron del Modelo Digital de Elevación (MDE) escala 1: 20,000. Las variables de clima como Temperatura Media Anual (TMA) y Precipitación Pluvial Total (PPT) se obtuvieron con la interpolación del intercepto y pendiente de las ecuaciones de regresión con los datos de altitud del MDE. Los tipos de vegetación se obtuvieron de COTECOCA [(3)].

Resultados

La Figura 1 presenta los cinco tipos de vegetación identificados en los muestreos de campo y relacionados a los mapeados por COTECOCA [(5)]. La pendiente varia de 0 a 70% (Figura 2), los rangos de 30 a 70 % cubren el 30 % de la superficie del rancho; el grado de utilización del pastizal puede disminuir de 70 a 20 %[(2)]. Los CoA ponderados son prácticamente similares en los periodos 1978 y 2023, 16 y 15 ha UA año^{-1}. En relación a las Cargas Animales (UA año^{-1}), la diferencia (462 – 448 = 14) es relativamente poca lo cual indica una trayectoria productiva y ecológica sostenible en 45 años (cuadro 1). En los grados de 30 a 70 % de pendiente predominan los bosques de pino y encino – pino (48 % de la superficie) con un CoA ponderado de 19 ha/UA/año. Estos niveles de pendiente y los grados de rocosidad limitan el movimiento del ganado lo cual ejerce una subutilización de las plantas del pastizal: estos tipos de vegetación presentan aptitud y alto potencial de servicios eco sistémicos. La Temperatura Media Anual (TMA) determina la presencia de pastizales medianos y amacollados en las zonas bajas y medias (rangos de 15 a 16 °C) (llanuras, laderas y lomeríos suaves). En terrenos de topografía alta, el rango de 10 a 12 °C de TMA condiciona la presencia de los bosques de pino y encino – pino con los mayores regímenes de lluvia debido al frente orográfico.

Conclusiones

El estado de salud y productividad forrajera del rancho se ha mantenido. El uso de los CoA y CC como indicadores prácticos de sostenibilidad están relacionados a una gestión sostenible en el manejo del rancho.

El conocer la trayectoria ecológica de los ecosistemas de pastizal de Terrenates en donde se mantiene el capital natural, sienta las bases para participar en la asimilación de los valores, tanto regionales como nacionales en la conservación de la biodiversidad.
El rancho Terrenates Alto tiene las bases para integrase al programa de Iniciativa de Ganadería Sostenible (IGS) ya que es uno de los pocos ranchos de las regiones semiáridas que permanecen en buen estado de salud ecológica, con niveles altos de biodiversidad de plantas y vida silvestre.

Cuadro 1. Coeficientes de Agostadero (CoA) y Carga Animal para cada sitio de pastizal en rancho Terrenates Alto, Chihuahua.

TIPOS DE VEGETACIÓN	SUPERFICIE (ha)	CoA COTECOCA (ha UA año^{-1})	CARGA ANIMAL HISTÓRICA UA año^{-1}	CoA ACTUAL Ha UA^{-1}	CARGA ANIMAL ACTUAL (UA)
Bosque encino pino	2930	20	146	18	163
Bosque pino	591	18	33	18	33
Pastizal mediano abierto	150	14	11	12	13
Pastizal amacollado abierto	1440	12	120	15	96
Pastizal amacollado arborescente	2200	16	138	14	157
SUPERFICIE	7315	CARGA ANIMAL PONDERADA	457		487
CoA PONDERADO		16	448	15	462

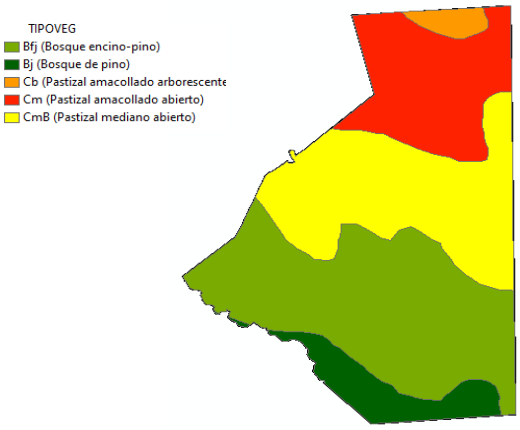


Figura 1. Tipos de vegetación presentes en Terrenates Alto

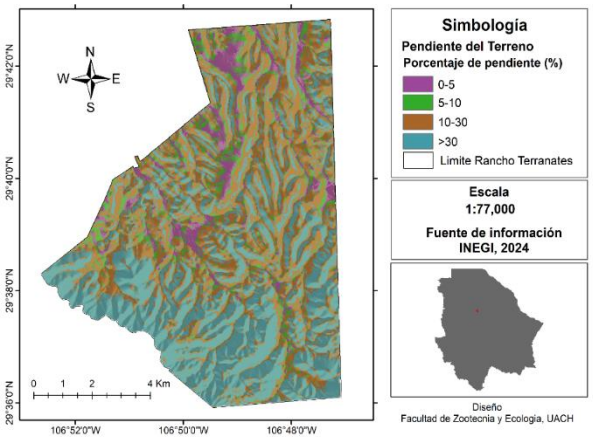


Figura 2. Porcentaje de pendientes presentes en Terrenates Alto

.

Referencias bibliográficas

1. Giannetti, B. F., Sevegnani, F., Almeida, C.M., Agostinho, F., García, R. M., & Liu, G. (2019). Five sector sustainability model: a proposal for assessing sustainability of production systems., *Ecol. Model.* 406 98–108.
2. Jurado, G.A. (1985). Factores que afectan la utilización del pastizal en áreas con topografía montañosa en el noroeste del estado de Chihuahua. [Tesis Maestría. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua].
3. PACP-Ch. (2011). *Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de los Pastizales del Desierto Chihuahuense en el Estado de Chihuahua 2011 – 2016*. Guzmán-Aranda, J.C., J. Hoth y E. Blanco eds.). Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. (Imprenta: Gobierno del Estado de Chihuahua), México. 44 pp.
4. COTECOCA. 1978. *Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de Chihuahua*. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de Coeficientes de Agostadero. SAG. Publ. No. 8. Mexica, D.F.
5. COTECOCA. 1967. *Metodología para determinar tipos vegetativos, sitios y productividad de sitios*. SAG. México, D.F.

RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO EN SISTEMAS DE PASTOREO CONVENCIONAL Y ROTACIONAL EN LA REGIÓN HIDROLÓGICA DEL PAPALOAPAN.

Rafael Espinoza Marín[1]*, Ponciano Pérez Hernández[1], José Antonio Torres Rivera[2], Lucrecia Arellano Gámez [3]

[1] Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz, México. C. P.91690
[2] CRUO-Universidad Autónoma Chapingo, Km. 6, Carretera Huatusco – Jalapa, Huatusco, Veracruz, México. C.P. 94100
[3] Instituto de Ecología A.C. Carretera antigua a Coatepec 351, Col. El Haya, Xalapa, Veracruz, México. C.P. 91070

*Autor para correspondencia: espinoza.rafael@colpos.mx

Palabras clave: pastoreo, resistencia, suelo.

Introducción

En México la ganadería convencional con bovinos de doble propósito en el trópico presenta desafíos como la compactación y degradación del suelo, que contribuyen a la pérdida de biodiversidad y al cambio climático (Quiroz *et al*., 2021). El sobrepastoreo ocasionado por el movimiento animal contribuye a la erosión hídrica y eólica, y causa pérdida de suelo, flora y fauna. Esta problemática podría disminuir con la implementación de sistemas de pastoreo rotativos dónde se reduce el periodo de ocupación de los bovinos en los potreros y se prolonga el tiempo de descanso, permitiendo la recuperación de las propiedades físicas del suelo. En este sentido, la resistencia mecánica del suelo es una alternativa para descubrir cambios físicos en el perfil del suelo que puedan afectar el crecimiento y desarrollo de las raíces de la cobertura vegetal (Suzuki et al., 2024). Por lo tanto, el **Objetivo** de esta investigación fue evaluar la resistencia mecánica del suelo a diferentes niveles de profundidad en sistemas de pastoreo convencional y rotacional en la región hidrológica del Papaloapan.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la región hidrológica del Papaloapan en el municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, en las unidades de producción “Los Limones” (UP_1) y “El Súchil” (UP_2), ubicadas en las coordenadas 19.8211216, - 96.4684706 y 19.756987, -96.645897, respectivamente. El tipo de clima de la región es Aw con temperatura media anual superior a los 22 °C y precipitación anual de ≈1,500 mm.

En la UP_1 la administración del ganado es convencional, los animales consumen forraje en 13 ha en un solo potrero durante el año. En esta UP predominan cruzas de razas Simmental, Sardo Negro y Brahman. En la UP_2 se tienen 12 ha y 15 potreros para rotación de los animales cada 4-5 d, la raza que predomina es el Suizo Americano.

Para ambas UP se determinó la unidad de muestreo y el tamaño y número de muestras (Daniel, 2004). La variable dependiente fue la resistencia mecánica (RM) del suelo a la penetración. Las variables independientes fueron los puntos de muestreo en las UP_1 y UP_2 y diferentes niveles de profundidad. Se evaluaron 60 y 45 puntos en 11.3 y 9.0 hectáreas, en tres niveles 3.5, 11.1 y 18.7 cm de profundidad, distribuidos con la técnica de cinco de oros en las UP_1 y UP_2, respectivamente. Las variables fueron medidas en el mes de mayo de 2025.

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \alpha_i + E_{ij}$$

Dónde:
Y_{ij} = es la y-ésima observación de la variable respuesta para el ij-ésimo tratamiento.
μ = media general del experimento.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento
α_i= efecto aleatorio del i-ésimo punto de muestreo
E_{ij}= error experimental que se distribuye normalmente, con media 0 y variancia 1.

Se realizó el ANOVA de medidas repetidas y prueba de Tukey para muestras pareadas con InfoStat. La RM se midió con un penetrómetro de suelos de punta cónica marca Agratronix, basado en el estándar ASAE S313.3. Las medidas se registraron en libras/pulgadas cuadrada (psi) y se transformaron a Mega Pascales (MPa). La punta del medidor mide 3.7 cm y cada nivel de profundidad es de 7.6 cm.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se presentan los resultados de la UP_1 y UP_2 en el efecto de la profundidad en términos de RM del suelo. La prueba de comparación de medias agrupó los niveles de profundidad en tres grupos estadísticamente distintos. No se encontraron diferencias significativas entre los sitios UP_1 y UP_2. Sin embargo, en ambas UP se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en profundidad, convenientemente la primer capa (3.5 cm) de suelo es diferente (0.67 MPa) a capas (11.1 y 18.7 cm) más profundas 1.56 y 1.92 MPa, en ambos sitios, respectivamente. A este respecto, se ha documentado que existe interacción entre los factores profundidad e intensidad de pisoteo. Lo anterior sugiere que este sistema contribuye a incrementar la resistencia mecánica del suelo a la penetración.

Cuadro 3. Comparativo de la resistencia mecánica del suelo en la UP_1 y UP2

Profundidad (cm)	UP_1 Resistencia (MPa)	UP_2 Resistencia (MPa)	Diferencia (MPa)	Media*
3.5	0.46^{a}	0.87^{a}	+0.41	0.67^{a}
11.1	1.46^{b}	1.67^{b}	+0.21	1.56^{b}
18.7	2.01^{b}	1.93^{b}	–0.08	1.92^{c}
Media	**1.31**	**1.49**	**+0.18**	

*abc. Medias con letras común no son significativamente diferentes (p>0.05)

En la UP_1 se observa diferencia **($p < 0.05$)** entre el **nivel de profundidad 3.5 y 11.1-18.7 distinto en la RM del suelo**. Entre la profundidad de 3.5 y 11.1 cm hay una diferencia de 1 MPa, mientras que la última profundidad 18.7 cm tiene una diferencia de 0.55 y 1.55 MPa comparada con la profundidad de 3.5 y 11.1 cm, respectivamente. Así mismo, se presenta el efecto de la profundidad sobre la RM del suelo en la UP_2. Se puede observar que la RM del suelo está fuertemente explicada por la profundidad.

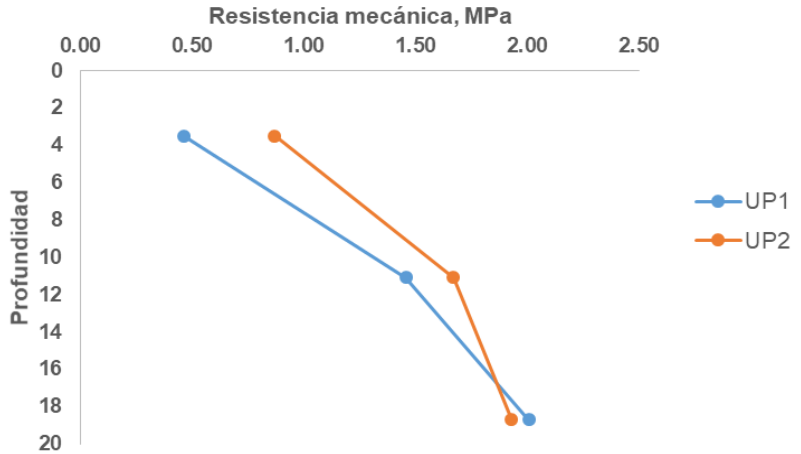


Figura 2 Resistencia mecánica del suelo a la penetración, UP_1y UP_2

En la figura 1 se observa la tendencia de la RM con respecto a la profundidad en UP_1. En la literatura Fisher y Binkley (2000) reconocen que 2.0 MPa ya es un valor crítico para crecimiento radicular. En este estudio el valor de 2.0 MPa se observa a los 18.7 cm de profundidad, lo que puede sugerir que el tipo de pastos predominantes en esta UP no sea de raíz profunda, y pueden predominar especies con raíces superficiales, viéndose afectado el desempeño de los animales.

Así mismo en la figura 1 se muestra la tendencia de la RM con respecto a la profundidad en UP_2. La resistencia mecánica **varía significativamente tanto entre puntos como entre profundidades.** Este resultado, al ser similar al obtenido en la UP_1 confirma que la compactación aumenta en el perfil y no está limitada a la parte superficial del suelo ni al sitio o al sistema de pastoreo analizado en este estudio. Desde el punto de vista del manejo, esto puede sugerir una reducción de infiltración en capas inferiores, limitación al crecimiento radicular, Implicaciones para la aireación y retención hídrica en pasturas (Juanes-Márquez *et al.,* 2024).

Conclusiones

En la región hidrológica del Papaloapan la resistencia mecánica del suelo incrementa a mayor profundidad en ambos sistemas de pastoreo, convencional y rotacional. Lo anterior, sugiere que en estos sistemas se presenta un problema de posible compactación relacionado al manejo de los animales. Esto representa un área de oportunidad para evaluar otras variables relacionadas a la compactación y pastoreos alternativos cómo los sistemas de pastoreo racional Voisin, sistemas agroforestales, o una combinación de estos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a los productores por las facilidades para realizar esta investigación.
Esta investigación fue financiada por el proyecto MAP de Transferencia de Tecnología CONV_PROTTINS_2025_07_02 del Colegio de Postgraduados, campus Veracruz.

Referencias bibliográficas

1. Daniel, W. W. (2004). Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences (8th ed.). John Wiley & Sons.
2. Fisher, R. F., & Binkley, D. (2000). *Ecology and management of forest soils* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
3. Juanes-Márquez, S., Álvarez-Vázquez, P., & Camposeco-Montejo, N. (2024). *Infiltración y compactación superficial en pastizales bajo pastoreo intensivo*. Agro-Divulgación, 29(1), 45–52.
4. Quiroz, J. F. E., Esquivel, V. A. E., & Méndez, D. M. (2021). Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12, 243-260.
5. Suzuki, L. E. A. S., Reinert, D. J., Pillon, C. N., & Reichert, J. M. (2024). Mechanical Resistance to Penetration for Improved Diagnosis of Soil Compaction at Grazing and Forest Sites. Forests, 15(8), 1369.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE MAÍZ CON APLICACIÓN DE ÁCIDOS FÚLVICOS.

Fidel Maximiano Peña-Ramos[1]*, Perpetuo Álvarez-Vázquez[1], José Antonio Gonzales-Fuentes, Josué I. García-López[1], Antonio Flores-Naveda[1], Alan E. Fuentes-Huerta[2]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315; [2]Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México; (dirección de los colaboradores)

*Autor para correspondencia: fidel.pena@uaaan.edu.mx

Palabras clave: rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento

Introducción

El rendimiento del maíz (Zea mays L.), particularmente del genotipo AN-447, está estrechamente relacionado con el potencial productivo del sitio de siembra. Este potencial depende de factores ambientales como la temperatura, así como de las propiedades edáficas, incluyendo la profundidad del suelo, su fertilidad natural, textura, pH y la presencia de problemas como salinidad o sodicidad. Estos elementos interactúan con las características genéticas del cultivo y con las prácticas de manejo agronómico, tales como el riego, la fertilización y la edad de rebrote al momento de la cosecha (Malavé, 2023). En este contexto, los ácidos fúlvicos han demostrado ser bioestimulantes eficaces, capaces de mejorar la absorción de nutrientes, estimular el metabolismo vegetal y aumentar la tolerancia al estrés abiótico, lo que puede traducirse en un mayor rendimiento y calidad del forraje (Fertilab, s.f.). Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de materia seca, la tasa de crecimiento, la relación hoja:tallo y la composición morfológica del maíz AN-447, bajo la aplicación de tres tratamientos con diferentes concentraciones de ácidos fúlvicos: T1 (1.5 ml/L), T2 (2.0 ml/L) y T3 (2.5 ml/L).

Materiales y métodos

El estudio se realizó el 10 abril al 12 de agosto de 2021 en el área experimental el bajío de la UAAAN, Saltillo, Coahuila (25° 23′ LN y 101° 00′ de LO, altitud de 1,783 m, clima templado semiseco, temperatura promedio de 18 °C y precipitación media anual de 340 mm). El área experimental fue dividida en tres repeticiones cada repetición formada por 12 surcos de 8 m de largo. Se utilizó un sistema de riego por goteo con cintilla calibre 6000. Los muestreos se realizaron cada 14 días a partir de los 12 días después de la siembra donde se tomo como unidad experimental 3 plantas tomadas al azar en cada repetición. Para el análisis se utilizó un diseño completamente al azar. Para estimar el rendimiento de materia seca (RMS), se cortaron tres plantas en cada repetición se registro el peso fresco, posteriormente se introdujeron en bolsas de papel previamente identificadas y con la ayuda de una estufa de aire forzado marca Felisa Modelo FE-243A, se dejó durante 72 h a una temperatura de 55 °C hasta alcanzar un peso constante. La tasa de crecimiento se obtuvo de los valores obtenidos del RMS entre los días después de la siembra correspondiente. La relación hoja:tallo se obtuvo de los valores obtenidos de peso seco de hoja y tallo. Para analizar la variable composición morfológica (CM) fue necesario tomar las plantas cortadas para determinar el RMS y antes de ser metidas a la estufa de aire forzado, fueron separadas por componente morfológico (hoja, vaina, tallo, inflorescencia masculina, fruto y material muerto). Posterior se introdujeron a la estufa en bolsas de papel identificadas por componente y repetición. Una vez pasadas 72 horas en la estufa y teniendo el material completamente seco, se pesó cada componente en una balanza analítica. Cada componente fue secado por separado similar al rendimiento de materia seca. De los datos de hoja y tallo del CM, se estimó la relación hoja/tallo. Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM de SAS (Statiscal Analysis System Versión 9.4 para windows), con una comparación de medias con la prueba Tukey al 5 % de significancia.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron un incremento progresivo en el rendimiento de materia seca (RMS) y en la tasa de crecimiento (TC) del maíz (Zea mays L.) genotipo AN-447 con el avance de los días después de la siembra (DDS) en el sureste de Coahuila, México. A los 124 DDS, se registraron los valores más altos de RMS y TC en el tratamiento T3 con 38,664.5 kg MS ha^{-1} y 311.8 kg MS d^{-1}, respectivamente (Cuadro 1). Este comportamiento concuerda con observaciones previas reportadas por López-Carrillo et al. (2018),

quienes señalaron que el alargamiento del período vegetativo favorece la acumulación de biomasa en híbridos tropicales de maíz. Asimismo, la relación hoja:tallo (R:H/T) disminuyó conforme avanzó la madurez fisiológica del cultivo, un fenómeno documentado por Herrera-Saldívar et al. (2020) al evaluar materiales similares en condiciones semiáridas. La disminución en R:H/T se atribuye al mayor alargamiento del tallo y a la lignificación de tejidos en etapas tardías de desarrollo (McDonald et al., 2019).

Cuadro 1. Variable medidas en maíz, genotipo AN-447 cosechadas después de la siembra, en el Sureste de Coahuila, México.

DDS	T1			T2			T3			EE±		
	RMS	TC	R:H/T	RMS	TC	R:H/T	RMS	TC	R:H/T	RMS	TC	RHT
26	56^{a}	2.1^{a}	4.6^{a}	57.2^{a}	2.2^{a}	2.8^{a}	61.0^{a}	2.3^{a}	5.6^{a}	9.0	0.4	1.19
40	5521^{a}	13.0^{a}	3.4^{a}	588.5^{a}	14.7^{a}	2.2^{a}	421.3^{a}	10.5^{a}	3.5^{a}	64.5	1.6	0.51
54	2634^{ab}	48.7^{ab}	1.3^{ab}	2768.6^{a}	51.2^{a}	1.2^{b}	1622.6^{b}	30.0^{b}	2.2^{a}	304	5.6	0.26
68	6836^{a}	100.5^{a}	0.4^{b}	6643.1^{a}	97.6^{a}	0.3^{b}	4800.0^{a}	70.5^{a}	2.2^{a}	912.6	13.4	0.21
82	11038^{a}	134.6^{a}	0.2^{b}	12103.3^{a}	147.6^{a}	0.3^{b}	7966.1^{a}	97.1^{a}	1.6^{a}	1533.0	18.7	0.19
96	15468^{a}	161.1^{a}	0.3^{b}	16949.5^{a}	176.5^{a}	0.2^{b}	10635.7^{b}	110.7^{b}	1.2^{a}	929.8	9.7	0.1
110	19699^{a}	179.1^{a}	0.2^{b}	20852.7^{a}	189.5^{a}	0.1^{b}	19731.1^{a}	79.3^{a}	0.8^{a}	880.0	8	0.03
124	24519^{b}	197.7^{b}	0.1^{b}	25004.7^{b}	201.6^{b}	0.1^{b}	38664.5^{a}	311.8^{a}	0.3^{a}	941.3	7.6	0.05

Misma letra minúscula en una misma fila no son diferentes estadísticamente (p>0.05). DDS = Días de la siembra. RMS = Rendimiento de materia seca (kg MS ha^{-1}). R:H/T = Relación hoja/tallo. TC Tasa de crecimiento (kg MS d^{-1}). EE±= Error estándar.

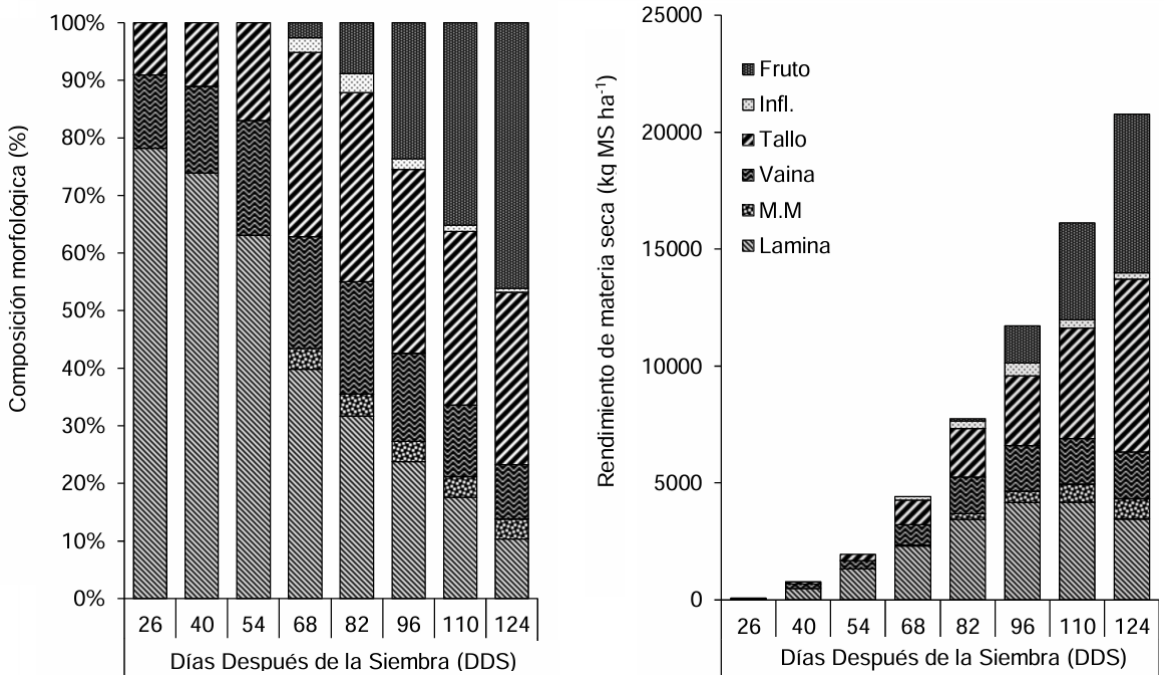


Figura 1. Cambios en la composición morfológica del genotipo AN-447 y su rendimiento en kg MS ha^{-1}.

Conclusiones

Con el aumento de los días después de la siembra, el rendimiento de materia seca se incrementó alcanzando el máximo rendimiento en el tratamiento tres (T3) a los 124 días, guardando una relación directa con las variables evaluadas. El componente morfológico que mas contribuyo al rendimiento de materia seca fue la hoja seguido del tallo. La tasa de crecimiento cambio con los días después de la siembra.

.

Referencias bibliográficas

1. Fertilab. (s.f.). Funciones de las sustancias húmicas en las plantas. Recuperado de Fertilab
2. Herrera-Saldívar, J., Ramírez-Cosme, M., y Torres-Gómez, A. (2020). Efecto del corte y madurez sobre la calidad del forraje de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11(2), 453–466.
3. López-Carrillo, C. A., Rojano-Aguilar, A., y Vázquez-Luna, A. (2018). Productividad de híbridos tropicales de maíz en distintas fechas de siembra. Agrociencia, 52(6), 715–726.
4. Malavé, M. G. (2023). Aplicación de diferentes dosis de ácidos fúlvicos y húmicos como nutrición complementaria en la productividad del cultivo de maíz [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio UAGRARIA.
5. McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (2019). The Biochemistry of Silage (2nd ed.). Chalcombe Publications.

DESCRIPCIÓN VARIETAL DE LAS PANÍCULAS DE OCHO HÍBRIDOS APOMÍCTICOS DE ZACATE BUFFEL (*Pennisetum ciliare* L.).

Susana Gómez-Martínez[1]*, Daniel Aldaco-Gómez[1], Juan Manuel Martínez-Reyna[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

*Autor por correspondencia: susana.gomez@uaaan.edu.mx

Palabas clave: inflorescencia, involucros, *Pennisetum ciliare*

Introducción

El cambio climático en las últimas décadas ha producido alteraciones en las variables atmosféricas como la precipitación y la temperatura, lo que dificulta la producción agrícola de forma alarmante, esto conduce a la búsqueda de especies con las características morfológicas adecuadas que puedan establecerse bajo estas condiciones de estrés. El zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) es una especie forrajera de origen africano, que ha jugado un papel importante en la industria ganadera de las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, debido principalmente a su alta capacidad de producción de biomasa y semilla en ambientes extremosos, a su tolerancia a la sequía y al pastoreo, además de ser una fuente importante de nutrientes para la alimentación del ganado bovino. Debido a la reproducción apomíctica de esta especie, durante mucho tiempo su mejoramiento genético estuvo supeditado a la Selección de Ecotipos. Sin embargo, el descubrimiento de la sexualidad en zacate buffel, ha hecho posible el flujo genético entre materiales. En el Programa de Pastos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), se han generado y desarrollado híbridos apomícticos de zacate buffel que superan en características agronómicas a la variedad más utilizada (Común). El objetivo del presente trabajo es caracterizar morfológicamente las inflorescencias de ocho híbridos apomícticos seleccionados de zacate buffel y detectar las variables que permitan distinguirlos de la variedad Común.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en Saltillo, Coahuila, con ocho híbridos apomícticos de zacate buffel, generados de los cruzamientos realizados entre el clon sexual (TAM CRD B-1s) y la variedad Zaragoza-115, se incluyó a Común como testigo. El experimento se estableció por transplante en julio de 2022, en macetas de plástico negras de 5 litros de capacidad, con 1lt de grava y 3 lt de peat moss. Las plantas se regaron cada tercer día y se fertilizaron semanalmente con la fórmula 20-20-10 a una dosis de 2 g/L de agua. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con nueve genotipos y cinco bloques, las unidades experimentales (UE) constaron de cinco macetas. Se determinó el número de panículas por planta en las plantas 2, 3 y 4 de cada UE. Se cubrió con glassines una inflorescencia (sin estigmas expuestos) de las plantas 1 y 5 de cada unidad experimental, estas se cortaron cuando llegaron a la madurez, y se registraron las siguientes variables en ambas panículas: Longitud de panícula se midió desde la base hasta el ápice de la panícula, los involucros de ambas panículas se contaron y se pesaron en una balanza analítica. La densidad de panícula se obtuvo de manera indirecta, dividiendo el número de involucros entre la longitud de la panícula. La cerda más larga se midió en cinco involucros, de la parte media de la inflorescencia. Para todas las variables se obtuvo el valor promedio por UE. Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (DMS < 0.05) para cada una de las variables, se utilizó el programa estadístico Statistical Analysis System versión 9.4 (SAS, 2004).

Resultados y discusión

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas entre tratamientos (P≤0.01) para todas las variables evaluadas, excepto para el peso de involucros por panícula (Cuadros 1 y 2).

El híbrido HA-E obtuvo el mayor número de panículas por planta (97.9) y fue estadísticamente igual a HA-H, Común, HA-C, HA-A y HA-I con 89.7, 83, 82, 82 y 77 panículas respectivamente. Común ocupó el tercer lugar con 83 panículas y fue estadísticamente igual a cinco genotipos.

Cuadro 1. Cuadrados medios del ANVA de producción de panículas por planta, longitud, número y peso de involucros por panícula de nueve genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2022.

FV	GL	PP	LP	NIP
Tratamientos	8	1165.98**	5.11**	2975.11**
Bloques	4	450.32^{NS}	0.21^{NS}	137.55^{NS}
E. Exp.	32	320.34	0.51	312.11
Total	44			
CV (%)		23%	8.9	15.5

***= Significativo al 0.01 niveles de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; PP= Número de panículas por planta, LP=longitud de panícula, NIP=número involucros por panícula.*

Cuadro 2. Cuadrados medios del ANVA del peso de involucros por panícula, densidad de la panícula y longitud de la cerda más larga de nueve genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2022.

FV	GL	PIP	DP	LCL
Tratamientos	8	2758.67^{NS}	4078.492**	6047.661**
Bloques	4	3326.26^{NS}	1044.525**	1074.704**
E. Exp.	32	1771.29	372.927	807.169
Total	44			
CV (%)		21.7	11.49	6.09

***= Significativo al 0.01 niveles de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; PP= Número de panículas por planta, LP=longitud de panícula, NIP=número involucros por panícula.*

HA-D fue el que obtuvo el valor más bajo (50.2) y fue estadísticamente igual a los genotipos HA-G y HA-B que obtuvieron 60 y 64 panículas por planta respectivamente. Común superó a los híbridos apomícticos con 22.49% (Cuadro 3). Otros autores reportan a Común con un mayor número de panículas por planta a las de esta investigación (Aguilar, 2019). El híbrido HA-I obtuvo las inflorescencias más largas (10.45 cm) y fue estadísticamente diferente al resto de los materiales. El segundo grupo de medias estuvo conformado por Común y HA-B con 8.70 y 8.10 cm respectivamente. HA-E con 7.40 cm obtuvo las inflorescencias más pequeñas y fue estadísticamente igual a seis genotipos. El valor de 8.7 cm para Común en esta investigación, es más alto al reportado por González *et al*. (2016) con un tamaño de 6.78 cm, Conde *et al*. (2011) reporta una longitud de panícula de 6.78 cm y es más bajo al valor de 10 cm registrado por Aguilar (2019). HA-I obtuvo el mayor número de involucros de (166) y fue estadísticamente diferente al resto de los genotipos. El segundo lugar lo ocupó HA-B (128) y fue estadísticamente igual a los híbridos HA-A, HA-H y HA-E con 125, 120 y 107 involucros por panícula respectivamente. Común ocupó el séptimo lugar con 95 involucros, se distinguió de cuatro híbridos en esta variable. Los híbridos obtuvieron un promedio de 116.25 involucros, un 22.5% más que Común. En otras investigaciones se ha reportado a Común con un menor número de involucros, Aguilar (2019) reporta 80.6 involucros/panícula; González *et al.* (2016) reporta para esta variedad 57 involucros; Conde *et al.* (2011) 65 involucros.

El peso promedio de involucros por panícula de los nueve genotipos fue de 194.08 mg, el valor mínimo fue de 170.2 mg para HA-D hasta un valor máximo de 244.8 mg para Común. Esta variedad superó al promedio de los híbridos apomícticos en un 30.35%, pero no se distinguió de ningún híbrido en esta variable. El valor de 244.83 mg reportado para Común en esta investigación, superó en un 60.5% a los 152 mg reportados por Aldaco (2017), pero menor al valor de 287.88 mg reportado por Aguilar (2019). La densidad más alta la obtuvo el híbrido HA-A con 16.8 y fue estadísticamente igual a HA-B, HA-I, HA-H y HA-E, con 16.3, 15.9, 15.6 y 14.7 respectivamente. Común obtuvo la menor densidad (10.9), lo que indica que los involucros de Común se encuentran más separados en la inflorescencia, siendo estadísticamente igual a HA-C (12.2) y HA-G (12.2). Esta variable permitió a Común distinguirse de seis híbridos.

Cuadro 3. Comparación de medias de panículas por planta, longitud de panícula, número y peso de involucros por panícula, densidad de panícula y LCL de nueve genotipos de zacate buffel. Saltillo, Coah. 2022.

Genotipos	PP	LP (cm)	NIP	PIP (mg)	DP	LCL (cm)
HA-E	97.9 a	7.40 c	107 bcd	179.78	14.7 ab	1.10 d
HA-H	89.7 a	7.70 c	120 bc	206.05	15.6 ab	1.16 d
Común	83.0 ab	8.70 b	95 d	244.83	10.9 d	1.13 d
HA-C	82.1 ab	7.40 c	91 d	191.40	12.2 cd	1.19 bcd
HA-A	81.9 ab	7.40 c	125 bc	178.37	16.8 a	1.26 bc
HA-I	76.9 ab	10.45 a	166 a	186.57	15.9 ab	1.28 ab
HA-B	63.5 bc	8.10 bc	128 b	212.25	16.3 a	1.17 cd
HA-G	60.0 bc	7.45 c	89 d	177.34	12.2 cd	1.36 a
HA-D	50.2 c	7.55 c	104 cd	170.21	13.9 bc	1.14 d

Medias con la misma literal en una columna son iguales estadísticamente (DMS α 0.05); PP= panículas por planta, LP=longitud de panícula, NIP=número involucros, PIP=peso de involucros, DP=densidad de panícula y LCL=longitud de la cerda más larga.

La densidad de panícula reportada por Aldaco (2017) para la variedad Común fue de 8.85. El híbrido HA-G obtuvo las cerdas más largas (1.36 cm) y fue estadísticamente igual al híbrido HA-I (1.28 mm). Las cerdas más cortas fueron de Común (1.13 cm) y fue estadísticamente igual a cinco híbridos, esta variable permitió a Común distinguirse de tres híbridos. La LCL obtenida en esta investigación para Común fue similar al valor de 1.2 cm reportado en otras investigaciones (Aldaco, 2017).

Conclusiones

1. Todos los híbridos apomícticos cumplen con el requisito de distinción en al menos una variable.
2. Todos los híbridos caracterizados producen panículas suficientes que aseguran una buena producción de semillas, destacando los híbridos HA-E y HA-H.

Referencias bibliográficas

1. Aguilar P., C. 2019. Caracterización morfológica de nuevos híbridos apomícticos adaptados al semidesierto. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 72 p.
2. Aldaco, D., G. 2017. Caracterización morfológica de genotipos seleccionados del Grupo Elite II de zacate buffel para gestión de derechos de propiedad intelectual. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. 85 p.
3. Conde L., E., A.J. Saldívar F., F. Briones E. y J.C. Martínez G. 2011. Autopolinización en la producción de semilla de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Nota Técnica. Agr. Mesoamericana 22 (1): 133-140.
4. González D., J.R., S. Gómez M., J.M. Martínez R. y A.J. Hernández V. 2016. Características morfológicas de panículas del zacate buffel para distinción de variedades y gestión de derechos de propiedad intelectual. Acta Fitogenética. Vol. 3: 82. Sociedad Mexicana de Fitogenética.
5. Statistical Applied System. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.4 User's Guide Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE METANO ENTÉRICO CON LA TÉCNICA SF_6 EN BOVINOS CRIOLLOS EN AGOSTADERO.

Bernardino Espinoza-Velasco[1*], Renata Paulina Teyssier-Rugerio[2]
Elizabeth Pérez-Ruiz [1*], Edgar Valencia Franco[2], Sergio Román-Ponce[1] Marco Aurelio Aragón Magadan[3].

[1]C.E. La Campana, INIFAP, [2]Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, BUAP, [3]CNRG, INIFAP

*Autor para correspondencia: espinoza.bernardino@inifap.gob.mx

Palabras clave: emisiones de metano, bovinos criollos, agostadero

Introducción

La ganadería bovina en México es una de las principales actividades del sector agropecuario, contribuye a la oferta de productos cárnicos y participa en la balanza comercial del país. Su crecimiento, contribuye con parte importante de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) antropogénicas, principalmente el metano (CH_4). Conjuntamente, impacta en el ambiente, ya que el uso de los recursos naturales es indispensable. Ante esta problemática, se han desarrollado diferentes metodologías, que buscan cuantificar las emisiones entéricas de CH_4 (inventarios de GEI) y así implementar estrategias para mitigarlas. Sin embargo, no existe un método universalmente superior para cuantificar el CH_4 de los rumiantes. La mayoría de las metodologías (cámaras de respiración, *in vitro*, Greenfeed) se enfocan a sistemas de producción en confinamiento, mediciones individuales (ambientes artificiales), y con limitaciones para su aplicación en pastoreo. En este sentido, la técnica de trazado con hexafluoruro de azufre (SF_6) se ajusta para este tipo de condiciones. Al respecto, el norte de México se caracteriza por tener sistemas de producción en agostadero, principalmente con bovinos cárnicos de razas europeas. Sin embargo, estas razas presentan problemas de adaptación a los desafíos emergentes (disminución de capacidad de carga de agostaderos y enfermedades) y al cambio climático. Por lo que, una de las estrategias ante estos desafíos, es la incorporación de razas locales o criollas, adaptadas a condiciones con temperaturas extremas y baja disponibilidad de agua. En Chihuahua, el ganado Criollo Rarámuri es un componente clave en la implementación de prácticas ganaderas sustentables (Márquez-Godoy *et al.,* 2024), caracterizar su respuesta de adaptación, productivas y emisiones de CH_4 son indispensables para su incorporación en los sistemas de producción. Por lo que, el objetivo de este trabajo fue implementar la técnica de SF_6 para estimar las emisiones de CH_4 del bovino Criollo Rarámuri en condiciones de agostadero en el estado de Chihuahua.

Materiales y métodos

El estudio se realizó de mayo a agosto de 2024 en el Rancho Experimental “La Campana”, ubicado en el km 80 de la carretera Chihuahua-Ciudad Juárez, a 29º 26' latitud Norte y 106 º 39' longitud Oeste. Se trabajó con 9 vacas Criollo Rarámuri, de 4 – 6 años de edad, con peso promedio de 337 kg. El área experimental fue un potrero de 50 ha de pastizal amacollado abierto de Bouteloua-Aristida, asociado con encinos e invadido por zacate africano (Eragrostis lehmanniana) y gatuño (*Mimosa biuncifera*). Se llevaron a cabo 2 muestreos en periodos de 72 horas cada una a finales de junio y mediados de agosto.

Las mediciones de las emisiones de CH_4 se llevaron a cabo mediante la técnica de SF_6 con modificaciones (Gere y Gratton, 2010), consta de tres componentes, una cápsula ruminal de liberación controlada de SF_6, dos reguladores de ingreso (RI) y dos tubos colectores. A mediados de mayo se llevó a cabo el llenado y calibración de las cápsulas ruminales. Se calibró un lote de 30 cápsulas en baño maría con agitación a temperatura constante (39 °C) durante 5 semanas. Cada 7 días se registró el peso de las cápsulas con una balanza analítica. Para la tasa de liberación (mg $día^{-1}$) de SF_6, se graficó la pérdida de peso de las cápsulas (pérdida *vs* tiempo) y se llevó a cabo una regresión lineal, las cápsulas que tuvieron un coeficiente de determinación (r^2) igual o mayor a 0.98 se seleccionaron para la llevar a cabo el ensayo. El tipo de RI usado es el conocido como regulador de ingreso tipo bolita prensada (Gere y Gratton, 2010). Se calibraron con un flujómetro digital (AALBORG DPM07) en dos rangos de flujo, de 0.106 - 0.116 mL min^{-1} y de 0.117 - 0.126 mL min^{-1}, el flujo ideal para un periodo de muestreo de 72 h es de 0.116 mL min^{-1}. Durante el muestreo de los animales se obtuvieron dos muestras ambientales (dos muestreadores). Las muestras de aliento obtenidos fueron analizadas con un cromatógrafo de gases (Shimatzu Modelo GC-2014

Greenhouse gas Analyzer), los datos reportados fueron en partes por millón para CH_4 y partes por trillón para SF_6. Las emisiones individuales de CH_4 se calcularon mediante la ecuación:

$$CH_4\,(g/d) = TLSF_6 * \frac{(CH_4 - BG_{CH_4})}{(SF_6 - BG_{SF_6})}$$

Donde: CH_4(g/d) es la emisión de CH_4 en g d^{-1}; $TLSF_6$ es la tasa de liberación (mg $día^{-1}$) de la cápsula; (CH_4 – BG_{CH4}) es la diferencia entre la concentración de CH_4 obtenido de la vaca menos la concentración de CH_4 ambiental; (SF_6 – BG_{SF6}) es la diferencia entre la concentración de SF_6 obtenido de la vaca menos la concentración de SF_6 ambiental.14 días previo al inicio del experimento, a cada animal se les colocó en el rumen una cápsula de SF_6 con la ayuda de un tirabolos. Los datos obtenidos fueron analizados por medio del paquete estadístico Stadistic Analysis System (SAS versión 2002). Para la tasa de liberación de SF_6, a cada cápsula calibrada se le realizó una regresión lineal con los datos de pérdida de peso durante la calibración para obtener la r^2 y la pendiente de la curva (equivalente a la tasa de liberación de SF_6) con el procedimiento PROC REG. Además, se hizo un análisis de correlación de Pearson de las variables evaluadas con el procedimiento PROC CORR.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presentan los datos de tasa de liberación en mg d^{-1} de las cápsulas ruminales. Del lote inicial, solamente 9 de tuvieron la tasa de liberación adecuada (de 2.56 a 4.73 mg d^{-1}) y una r^2 (≥ 0.98) para estimar las emisiones de CH_4 en bovinos. Pinares-Patiño *et al*. (2008) con vacas en pastoreo reportaron rangos de liberación entre 2.214 y 5.689 mg d^{-1} y una r^2=0.99, lo cual no representó dificultades al momento de hacer las estimaciones. En este sentido, las tasas de permeación que se obtuvieron en este estudio fueron las adecuadas ya que entran en los rangos típicos de estimación de CH_4 en bovinos.

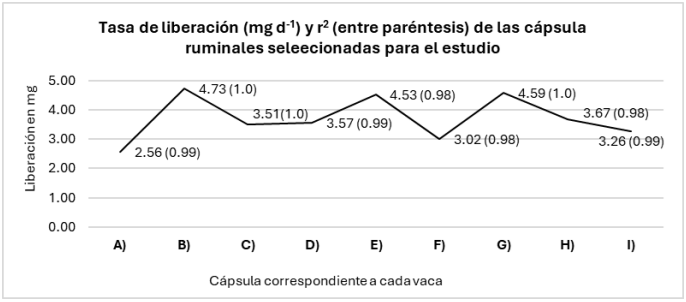


Figura 3. Tasa de liberación de SF_6 obtenidos en las calibraciones.

La calibración de los RI fue a través de la tasa de flujo de aire. El 75 % de los RI calibrados entraron en el rango de 0.106 a 0.116 mL min^{-1} y los restantes (25%) en el rango de 0.117 a 0.126 mL min^{-1}. Por otra parte, las concentraciones de CH_4 obtenidos oscilaron entre 33.150 y 171.980 ppm y las de SF_6 entre 43.380 y 320.350 ppt. El análisis de correlación de Pearson se realizó para detectar si las variables evaluadas influyen en las concentraciones de CH_4, SF_6 y en las emisiones individuales de CH_4 (g d^{-1}). En el Cuadro 1 se observa que existe una correlación positiva entre la tasa de permeación de las cápsulas ruminales y las concentraciones de CH_4 y SF_6 detectadas por el cromatógrafo, pero no influyó en los gramos emitidos de CH_4 por día (en promedio 206 g). Esto coincide con los datos presentados por Pinares-Patiño *et al*. (2008), estos autores mencionan que la tasa de permeación de las cápsulas no influye en las estimaciones de CH_4 siempre y cuando el rango de las tasas de liberación sea muy amplio (2.624 – 5.689 mg d^{-1}). En este trabajo, el rango fue de 2.570 – 4.740 (Cuadro 2).

Cuadro 1. Coeficiente de correlación de las variables evaluadas y las emisiones de CH_4

	Concentración de CH_4	Concentración de SF_6	Emisiones de CH_4 (g d^{-1})	Flujo de RI	Tasa de liberación SF_6
Concentración de CH_4	1	0.619 (0.076)	-0.224 (0.562)	0.421 (0.260)	0.865 (0.0026)
Concentración de SF_6	0.618(0.076)	1	-0.244 (0.528)	0.467 (0.205)	0.848 (0.0038)
Emisiones de CH_4 (g d^{-1})	-0.224 (0.562)	-0.244 (0.5277)	1	0.084 (0.830)	-0.271 (0.4799)
Flujo de RI	0.421 (0.2595)	0.467 (0.2048)	0.084 (0.830)	1	0.490 (0.1801)
Tasa de liberación SF_6	0.865 (0.0026)	0.848 (0.0038)	-0.271 (0.480)	0.490 (0.180)	1

Las emisiones de CH_4 reportados aquí oscilaron entre 106.910 y 293.750, inferiores a los 320 g d^{-1} reportados por Pinares-Patiño *et al*. (2008) en bovinos con pesos promedio superior a los 400 kg. Pero coinciden con los rangos de 102.1 a 114.2 g d^{-1} reportados también por Piñares-Patiño *et al*., (2012) con vacas Friesian × Jersey con pesos promedio 524 kg. En este sentido, las vacas usadas en este trabajo tenían peso promedio de 327 kg.

Cuadro 2. Valores promedios estimados para las variables evaluadas.

Variable	N	Media	Desviación	Suma	Mínimo	Máximo
Concentración de CH_4 (ppm)	9	90.063	43.709	810.570	33.150	171.980
Concentración de SF_6 (ppt)	9	148.799	93.340	1339	43.380	320.350
Emisiones de CH_4 (gramos)	9	206.199	59.778	1856	106.910	293.750
Tasa de liberación SF_6 (mg/d)	9	3.718	0.754	33.460	2.570	4.740

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran la efectividad de la técnica de SF6 para estimas las emisiones entéricas de bovinos en condiciones de agostadero. Además, las emisiones aquí reportadas son equiparables a los obtenidos en otros estudios similares.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP-C.E. La Campana y al proyecto con número SIGI 11143435744 “COMPOSICIÓN DE LA MICROBIOTA RUMINAL Y EMISIONES DE METANO DEL GANADO CRIOLLO DE CHIHUAHUA”

Referencias bibliográficas

1. Gere, J. L., y Gratton, R. (2010). Simple, low-cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. Lat. Am. Appl. Res. 40, 377–381.
2. Márquez-Godoy, J.N., Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C.R., Corra-les-Lerma, R., García-Galicia, I.A., *et al.* (2024). Criollo Cattle Breeds as a Potential Alternative for Sustainable and Healthy Beef Production in America, Rangeland Ecology & Management, 96:83-93, ISSN 1550-7424.
3. Pinares-Patiño, C. S., Machmüller, A., Molano, G., Smith, A. Vlaming, J. B., *et al*. (2008). The SF_6 tracer technique for measurements of methane emission from cattle - effect of tracer permeation rate. Canadian Journal of Animal Science, 8(2): 309 – 320.
4. Pinares-Patiño, C., Gere, J., Williams, K., Gratton, R., Juliarena, P., *et a*l. 2012. Extending the Collection Duration of Breath Samples for Enteric Methane Emission Estimation Using the SF6 Tracer Technique. Animals, 2: 275 – 287.
5. SAS (2002) Statistical Analysis System: Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary.

COMPARACIÓN MORFOLÓGICA, NUTRICIONAL Y BROMATOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE *TITHONIA SPP*. Y *HELIANTHUS ANNUUS* COMO ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL.

Margarita García-Mejía[1], Eva Juanita Pérez-Fonseca[1], Marcela Quiroz-Sodi[1], Octavio Roldan-Padrón[1], José Guadalupe Gómez-Soto[2], Iván Gómez-Sánchez[1*]

[1]Laboratorio de análisis bioquímicos y bioprospección, facultad de ciencias naturales, campus Conca. Universidad Autónoma de Querétaro Valle Agrícola S/N, Concá, Arroyo Seco, Qro. 76410, México.
[2]Laboratorio de nutrición animal, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Av. De las Ciencias S/N, Juriquilla, Querétaro 76230, México.

*Autor para correspondencia: ivan.gomez@uaq.mx

Introducción

Los forrajes nativos han emergido como una alternativa prometedora para la alimentación animal, especialmente en regiones donde las prácticas de pastoreo y cultivo de forrajes convencionales no son siempre sostenibles o viables. Estos forrajes, que incluyen plantas autóctonas adaptadas a las condiciones climáticas y del suelo locales, ofrecen una fuente rica de nutrientes para los animales, a la vez que promueven la conservación de los ecosistemas naturales y la biodiversidad. A diferencia de los forrajes exóticos, los nativos requieren menos insumos externos, como fertilizantes o pesticidas, lo que reduce el impacto ambiental y mejora la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Además, al ser plantas adaptadas a las condiciones locales, los forrajes nativos tienen una mayor resistencia a plagas, enfermedades y variaciones climáticas extremas. Esta característica los convierte en una opción ideal frente a los desafíos que presenta el cambio climático y la creciente demanda de alimentos para animales. Por lo tanto, explorar e implementar el uso de forrajes nativos no solo es beneficioso desde el punto de vista productivo, sino también como una estrategia clave para promover una agricultura más ecológica y resiliente. *Tithonia diversifolia* es una especie forrajera nativa de México, que contiene un alto valor proteico y es consumida en pastoreo por la mayor parte de los animales de producción en la región de la sierra Gorda de Querétaro. Así mismo *Helianthus annuus* es una especie utilizada para fines comestibles y ornamentales. Ambas especies son poco valoradas en la región de la sierra Gorda de Querétaro, sin embargo, tienen valor potencial para su uso en dietas alternativas para la alimentación animal. En la región de la Sierra de Querétaro la mayor parte de las personas se dedican a la ganadería, sin embargo, existe poco uso de forrajes nativos para las dietas animales. El objetivo del presente trabajo fue analizar la morfología, el contenido nutricional y bromatológico de dos especies de *Tithonia spp*. y *Helianthus annuus* como una posible alternativa para la alimentación animal en la región de la Sierra Gorda de Querétaro. Este estudio permitirá obtener información sobre el posible valor nutricio de plantas de la región para que los productores puedan utilizar el acervo vegetal local, promoviendo una conservación de todas las especies forrajeras nativas que nos rodean.

Materiales y métodos

Obtención de material vegetativo

Se utilizó el follaje de tres forrajes nativos de la región: *Tithonia diversifolia* (400 g), *Tithonia tubaeformis* (400 g) y *Helianthus annuus* (400 g), colectados durante los meses de diciembre 2022-enero 2023; enero-febrero 2023, el cual fue seleccionado para obtener el follaje más tierno de las muestras. Para la identificación de las especies colectadas, se hizo un análisis comparativo de caracteres morfológicos (hojas, tallos y flores) de las plantas colectadas.

Análisis químico proximal

Las muestras obtenidas se colocaron en la estufa de secado hasta que se obtuvo el peso constante en gramos, durante una semana a temperatura de 40° C (Ilustración 3), de acuerdo con la metodología de la AOAC (1984). Con las muestras secas obtenidas de cada forraje, se pasó al proceso de la molienda, en el cual se trituró hasta pulverizar cada muestra y se almacenó en su respectivo frasco de vidrio sellado y etiquetado correspondientemente. Posteriormente se utilizaron 15 gramos de follaje por muestra (M1: *T. diversifolia*; M2: *T. tubaeformis*; M3: *H. annuus*), se determinó por duplicado cada análisis y un control,

donde se evaluó: Proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas, fibra detergente neutra (FDN), materia seca (MS) y extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo con los métodos descritos por la AOAC (2002).

Resultados

Análisis morfológico

Los resultados del análisis morfológico de hojas se indican en el cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis morfológico

DESCRIPCIÓN	***Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray**	***Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass.**	***Helianthus annuus* L.**
HOJA	Las hojas son alternas, pecioladas, con un ápice acuminado, divididas en tres a cinco lóbulos, muy pilosas en el envés, con dientes redondeados en el margen y la base. (César, 2014)	Sus hojas son alternas con pecíolos largos, láminas ovadas a triangular-ovadas, de 1.5 a 11 cm de largas y hasta de 15 a 17 de anchas, verdes oscuros en el haz y más pálidas en el envés, suaves al tacto y no ásperas. (Prillwitz., 2016)	Las hojas son alternas, grandes, trinervadas, muy pecioladas y de formas variables; lámina ovada a triangular-ovada o anchamente lanceolada. Por lo común escábrida (áspera) híspida en ambas caras. (Girón, 2023).
Ilustraciones: Tomadas por autoras.	 *Ilustración 1. Hojas tiernas de T. diversifolia.*	 *Ilustración 2. Hoja joven de T. tubaeformis.*	 *Ilustración 3. Hojas maduras de H. annuus.*

Análisis químico proximal

Los resultados del análisis químico proximal se indican en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis químico proximal

Nombre	%Proteína Cruda (PC)	%Extracto Etéreo (EE)	%Cenizas	%Fibra Detergente Neutra (FDN)	%Materia Seca (MS)	%Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)
Tithonia diversifolia	17.8522	2.5758	15.7118	38.4375	91.7852	17.2081
Tithonia tubaeformis	14.7010	2.6327	14.2029	24.0903	91.7755	36.1486
Helianthus annuus	17.3107	3.2550	14.9365	30.1214	89.5954	23.9718

T. diversifolia, conocida como botón de oro o gigantón, es considerada una planta forrajera de alto potencial en la producción animal, por su fácil establecimiento, rusticidad, resistencia al corte y al ramoneo (Gallego 2014). Los resultados del análisis químico proximal arrojaron valores similares a los reportados con base a proteína cruda (PC) Verdecia *et al*, 2011, contenido de extracto etéreo (EE) Wambui *et al*., 2006, Kato, 2014 contenido de Cenizas (Cen), Mauricio *et al*., 2014, contenido de Fibra Detergente Neutra (FDN). *Tithonia tubaeformis* muestra un contenido de PC del 14.70%, resultado es ligeramente menor al descrito por Zepeda-Bastida *et al*., (2019) con 16%, es importante destacar que factores como la época de corte, la edad de la planta, el déficit hídrico y las características edafológicas del suelo pueden influir en el resultado de la producción de proteína cruda. El contenido de EE resultó en 2.6327%, Zepeda-Bastida *et al*., (2019) reporta en la planta entera, en hojas y tallo 8.3%, 19.6% y 4.3% de EE, respectivamente. El contenido de cenizas resultó en un valor de 14.2029 %, sin embargo, Zepeda-Bastida *et al*., (2019) muestra un contenido de cenizas de 5.93%, 14.17%, 4.05% para la planta entera, hojas y tallos, respectivamente, lo que muestra un mayor contenido en las hojas. Esto se debe a que las especies herbáceas y arbustivas tienden a acumular minerales en sus hojas, lo que se refleja en un mayor contenido de cenizas según Vogel *et al*., (1991). En el caso del *Helianthus Annuus* contiene 17.3107% de PC, resultado ligeramente menor al obtenido por Farfán, *et al*., 2015, quien indica un valor de 20.71%. El valor de EE es en promedio de 3.2550%, resultado similar al de Crespo *et al*., (2014) con un promedio de 3.8% de (EE). Farfán, (2015) reporta 6.00% de cenizas, en comparación con esta investigación el resultado es de 14.9365% el cual es más elevado ya que este autor realizó su estudio únicamente de las semillas de *H. annuus.* Quijia, (2023) analizó los nutrientes de la planta de girasol desde el estado de inicio de floración hasta la madurez fisiológica y observó respectivos valores, por ello afirma que el contenido de fibra detergente neutra (FDN) es de 29.5 a 30.4 %, por lo cual hay relación con los resultados obtenidos con un promedio de 30.1214% de (FDN).

Conclusiones.

Los resultados obtenidos en la composición química proponen a estos forrajes como una alternativa para la alimentación animal viable y con un buen potencial para ser agregado a las dietas del ganado en la Sierra Gorda de Qro. Tanto las dos especies de *Tithonia* como *Helianthus annuus* pueden ser consideradas como alternativas para ser utilizadas y reproducidas en los sistemas silvopastoriles de la Sierra de Querétaro por su composición nutricional y morfológica, sin embargo, se sugiere fomentar más la investigación de estos forrajes. Este estudio de comparación bromatológica, nutricional y morfológica entre estos forrajes nativos permitió obtener datos relevantes de estos arbustos comúnmente observados en la Sierra, que sin embargo, no eran identificados correctamente y se desconocía el valor nutricional con potencial para uso forrajero en la región. Los cuales pueden ser una opción accesible para la alimentación de bovinos, caprinos, ovinos, porcinos y aves de corral, así como su uso en la apicultura (por sus flores productores de polen). Además, son una opción para la reforestación y conservación con especies nativas para mejorar la biodiversidad de la Sierra. Las tres especies analizadas son una fuente potencial de alimento rico en nutrientes para el ganado, ya que pueden satisfacer la demanda de nutrientes en determinado momento del crecimiento animal, puesto que muestran buenos porcentajes de PC, MS, FDN, EE, ELN y CENIZAS, los cuales proporcionarán a las dietas los nutricionales necesarios para satisfacer su demanda nutricional dependiendo el estado fisiológico del animal.

Agradecimiento

Al proyecto FONDEC EBC202102

SECCIÓN 5
Inocuidad de alimentos



"DAVID Y SUS ABEJAS" / *Marco Aurelio Aragón Magadán*

CAMBIOS ESTACIONALES EN LOS COMPONENTES DE LA LECHE DE CABRA EN UN SISTEMA CON PASTOREO DIURNO Y ENCIERRO NOCTURNO.

Delia Gaspar Sánchez, Vicente Lemus Ramírez, Lorenzo Álvarez Ramírez*

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: alorenzo@unam.mx

Palabras clave: composición fisicoquímica, calidad de leche, producción de leche.

Introducción

En México, las características fisicoquímicas y sanitarias que la leche de cabra debe cumplir están establecidas en la Norma Mexicana (NMX-F-728-COFOCALEC-2017). Dichas características determinan su valor como materia prima para la elaboración de una gran variedad de lacticinios en la agroindustria.
Diversos factores pueden alterar la composición de la leche (Kuchtík et al., 2015; Kljajevic et al., 2018). En cabras se han descrito efectos significativos de la estación de pastoreo y la calidad del forraje sobre la leche producida y sus componentes; en otros casos, las variaciones estacionales en los componentes de la leche se han explicado por los cambios fisiológicos propios de la lactancia (Steinshamn et al., 2014). Las variaciones estacionales en la composición de la leche se han atribuido fuertemente a las condiciones ambientales; Kljajevic et al. (2018) encontraron que la leche de cabras Saanen reduce sus componentes fisicoquímicos durante los veranos cálidos, y Talpur et al. (2008) describieron variaciones significativas en la concentración de ácidos grasos lácteos en diferentes momentos del año. En ovejas en pastoreo también se ha descrito un efecto significativo de la estación en la mayoría de los componentes de la leche (Matutinovic et al., 2011).
El objetivo del presente trabajo fue describir los cambios estacionales en los componentes fisicoquímicos (densidad, grasa, proteína, lactosa, sólidos totales -ST-, y sólidos no grasos -SNG-), y parámetros sanitarios (conteo bacteriano total -CTB-, acidez, y cuenta de células somáticas -CCS-) de la leche durante un total de 18 años en cabras mantenidas en un sistema de producción con pastoreo diurno en el altiplano mexicano.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM. El Centro está ubicado en el Km 8.5 en la carretera Tequisquiapan - Ezequiel Montes, municipio de Tequisquiapan, Querétaro (20° 36' N y 99° 56´ O), a una altitud de 1920 msnm. El sistema de producción corresponde a uno con pastoreo diurno (10:00-17:00h) en praderas de alfalfa y encierro nocturno (17:00-10:00h) con suplemento a base de concentrado comercial y heno de alfalfa. El rebaño en ordeña mecánica fluctuó entre las 50 y 150 cabras (Alpina Francés, Toggenburg y Saanen) durante el año. La actividad de empadre ocurre en al menos dos épocas fijas al año, para asegurar dos estaciones de parto. Durante todo el periodo de muestreo (año 2006 al 2024, excepto 2021), se obtuvo un total de 1702 muestras directamente del tanque, tomadas con una frecuencia de dos por semana. Previo a la toma de cada muestra se dejó agitar el tanque por al menos 5 min. Cada muestra consistió en 500 mL de leche para realizar análisis fisicoquímicos y sanitarios. La densidad de la leche se determinó a 15°C por medio del lactodensímetro de Quévenne. La determinación de grasa, proteína, lactosa, ST y SNG se realizó por medio de espectroscopía de infrarrojo (MILKOSCAN™). La determinación de acidez se realizó por titulación alcalina con hidróxido de sodio 0.1N; la cuenta total de bacterias mesófilas aerobias (CTB) mediante un método rápido (SimPlate Recuento Total - Indicador de Color), y el CCS se realizó con el uso del contador de células óptico (DeLaval®). Se consideraron las 4 estaciones del año, de acuerdo con la fecha del muestreo [invierno (21 de diciembre-20 de marzo), primavera (21 de marzo-20 de junio), verano (21 de junio-20 de septiembre) y otoño (21 de septiembre-20 de diciembre)]. La información fue analizada mediante ANOVA con el procedimiento GLM de SAS y comparaciones múltiples por medio de la prueba Tukey.

Resultados y discusión

La densidad cambió significativamente entre estaciones. El valor promedio más alto se presentó durante el otoño y fue significativamente mayor ($p<0.05$) que en primavera (Cuadro 1). Estos resultados guardaron congruencia con los valores de grasa, ST y SNG. La grasa, ST y SNG fueron mayores ($p<0.05$) durante el otoño, seguido del invierno, y los valores más bajos se registraron en primavera y verano (Cuadro 1). Estos resultados numéricos fueron ligeramente superiores a los reportados por Kljajevic et al. (2018) en cabras Saanen estabuladas.

La lactosa y proteína cambiaron significativamente entre estaciones. El valor de la lactosa fue mayor durante el invierno, seguido de primavera y otoño, y el valor más bajo se registró durante el verano (cuadro 1). Esto coincide con lo encontrado por Kljajevic et al. (2018) La proteína fue mayor durante el otoño y menor en la primavera (Cuadro 1).

Los cambios en las propiedades fisicoquímicas de la leche pueden deberse a factores ambientales, principalmente aquellos relacionados con las condiciones climáticas que afectan la fisiología del animal y alteran la composición del alimento; además, se sabe también que la etapa de la lactancia afecta la concentración de algunos componentes (Talpur et al., 2008; Kuchtík et al., 2015).

En el presente trabajo, las diferencias estacionales observadas pueden estar asociadas al manejo general del rebaño a través de las cambiantes condiciones climáticas durante el año, y no pueden descartarse efectos de las características del alimento recibido; en futuras observaciones, deberá considerarse también la fase de la lactancia de los animales para descartar un efecto confundido. En el rebaño observado, se ordeña animales de las tres razas indicadas en diferentes momentos de la lactancia, por lo que al tomar la muestra desde el tanque no se puede distinguir el impacto de cada uno de los factores mencionados.

Cuadro 1. Componentes fisicoquímicos promedio (g/L±ee) y parámetros sanitarios de leche de cabras obtenida desde el tanque frío en un sistema con pastoreo diurno y encierro nocturno durante 18 años consecutivos.

	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Densidad (g/mL)	1.0310±0.0009ab	1.0307±0.0008a	1.0314±0.0009ab	1.0340±0.0009b
Grasa	36.82±0.19a	33.81±0.17b	34.45±0.19b	39.09±0.18c
Sólidos totales	123.04±0.32a	116.58±0.29b	116.16±0.33b	124.84±0.31c
Sólidos no grasos	86.28±0.22a	82.77±0.20b	81.70±0.23c	85.62±0.21d
Lactosa	43.04±0.11a	42.57±0.10b	41.57±0.11c	42.36±0.10b
Proteína	33.50±0.10a	31.27±0.09b	32.42±0.10c	34.77±0.09d
CTB (UFC/mL)	1,029,828.5± 293,909.3a	883,246.4± 279,163.4a	659,085.4 ±306,475.1a	1,001,085.9 ±265,996.6a
Acidez	1.3146±0.0076a	1.2320±0.0069c	1.2960±0.0078a	1.3810±0.0073b
CCS/mL	737,524.1± 36,984.1a	735,569.3± 31,334.5a	989,363.7± 35,207.8b	1,057,696.8± 33,957.4b

[ab]Para cada indicador, literales distintas entre estaciones representan diferencia significativa ($p<0.05$). CTB: cuenta total bacteriana, unidades formadoras de colonia por mL de leche. CCS: cuenta de células somáticas por mL de leche.

El conteo bacteriano y la acidez presentaron sus valores más elevados en las estaciones de invierno y otoño. Ambos indicadores suelen elevarse cuando existe un mayor riesgo de contaminación ambiental, proveniente de las condiciones de alojamiento del animal o del manejo higiénico del equipo de ordeño y refrigeración. En este caso, era de esperarse que la contaminación bacteriana se incrementara durante el verano debido a la presencia de lluvias y humedad, sin embargo, las elevaciones ocurrieron hasta el otoño-invierno. El CCS se incrementó durante el verano y otoño (Cuadro 1), lo que coincide con el periodo de lluvias y de mayor humedad ambiental, aunque en nuestro caso no puede descartarse un efecto adicional de la etapa de la lactancia, como se ha visto por otros (Matutinovic et al., 2011; Kuchtík et al., 2015).

Conclusiones

Se concluye que la composición fisicoquímica de la leche de cabra en un sistema con pastoreo diurno presentó cambios estacionales significativos. La disminución más importante en los componentes de la

.

leche se observó durante primavera-verano, lo que sugiere efectos climáticos sobre la fisiología del animal y las características del alimento consumido. Otros factores deberán descartarse en observaciones futuras.

Referencias bibliográficas

1. Kljajevic, N. V., I.B. Tomasevic, Z.N. Miloradovic, A. Nedeljkovic, J.B. Miocinovic, y S.T. Jovanovic. 2018. Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. J Food Sci Technol 55:299–303. doi:10.1007/s13197-017-2938-4.
2. Kuchtík, J., Š. KrálÍčková, D. Zapletal, K. Węglarzy, K. Šustová, y I. Skrzyżala. 2015. Changes in physico-chemical characteristics, somatic cell count and fatty acid profile of brown short-haired goat milk during lactation. Anim Sci Pap Rep 33:71–83.
3. Matutinovic, S., S. Kalit, K. Salajpal, y J. Vrdoljak. 2011. Effects of flock, year and season on the quality of milk from an indigenous breed in the sub-Mediterranean area. Small Ruminant Research 100:159–163. doi:10.1016/j.smallrumres.2011.06.009.
4. Steinshamn, H., R.A. Inglingstad, D. Ekeberg, J. Mølmann, y M. Jørgensen. 2014. Effect of forage type and season on Norwegian dairy goat milk production and quality. Small Ruminant Research 122:18–30. doi:10.1016/j.smallrumres.2014.07.013.
5. Talpur, F.N., M.I. Bhanger, A.A. Khooharo, y G.Z. Memon. 2008. Seasonal variation in fatty acid composition of milk from ruminants reared under the traditional feeding system of Sindh, Pakistan. Livest Sci 118:166–172. doi:10.1016/j.livsci.2008.04.008.

.

CAMBIOS ESTACIONALES EN LOS COMPONENTES DE LA LECHE DE VACA EN UN SISTEMA DE PASTOREO INTENSIVO CON SUPLEMENTACION ALIMENTICIA

Delia Gaspar Sánchez, Vicente Lemus Ramírez*, Lorenzo Álvarez Ramírez

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: vlemus@unam.mx

Palabras clave: producción sólidos lácteos, calidad de leche, producción de leche.

Introducción

La producción de leche en el mundo tiene una gran relevancia en aspectos socioeconómicos como es la generación de empleos. En México, el sector de la producción de leche es el que más empleos directos e indirectos genera en la industria agroalimentaria. Además, por su composición fisicoquímica, la leche contribuye de modo significativo a la alimentación de la población humana. Su composición es primordial para la industria de los lacticinios, ya que su cantidad y calidad determinan el rendimiento en sus derivados y finalmente definen el precio al que se paga. En México la calidad fisicoquímica y sanitaria de la leche de vaca está regulada por normas gubernamentales (NMX-F-700-COFOCALEC-2012), que determinan los parámetros mínimos admisibles de la leche cruda de vaca para la industrialización. Entonces son los sólidos de la leche (grasa y proteína) en donde se enfoca la atención tanto del productor como del industrial de la leche para lograr y conservar una alta calidad de sus componentes. La cantidad de sólidos en la leche y su calidad sanitaria puede variar por una gran cantidad de factores, tanto intrínsecos como extrínsecos al ganado. Los externos pueden ser la localización geográfica de la unidad de producción lechera lo que determinará las condiciones climáticas estacionales a las que están expuestos los animales y su alimento (Grimley et al., 2009), ya que lo anterior impacta directamente en la disponibilidad y en los componentes nutricionales de los forrajes. Aspectos relacionados, como la raza, el número de parto, la cuenta de células somáticas (CCS) en leche y la etapa de la lactancia (Grimley et al., 2009; Heck et al., 2009) también son relevantes. En la ganadería lechera bajo condiciones de pastoreo las variaciones en la cantidad y calidad del forraje a consumir son ampliamente conocidas (Heck et al.,2009), por lo cual resulta de gran relevancia conocer en qué momento las condiciones climáticas afectan de manera positiva o negativa a los componentes más valiosos de la leche. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue describir los cambios estacionales en los componentes fisicoquímicos de la leche (densidad, grasa, proteína, lactosa, sólidos totales -ST-, y sólidos no grasos -SNG-), y parámetros sanitarios (conteo bacteriano total -CTB-, acidez, y la CCS) a través de un periodo de 18 años en un hato de vacas lecheras mantenidas en un sistema de producción en pastoreo controlado en el altiplano mexicano.

Material y métodos

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM. El Centro está ubicado en el Km 8.5 en la carretera Tequisquiapan - Ezequiel Montes, municipio de Tequisquiapan, Querétaro (20° 36' N y 99° 56´ O), a una altitud de 1920 msnm. El sistema de producción se basó en pastoreo controlado de praderas compuestas principalmente por alfalfa y con suplementación a base de forrajes conservados (ensilados y henificados), con mínima fracción de granos la cual varió de 5 a 7% con respecto a las necesidades de materia seca, esta suplementación sólo se aplicó en épocas de escasez forrajera. Las vacas se ordeñaron mecánicamente en dos veces al día y la leche recolectada se almacenó en tanque enfriador hasta su recolección a temperatura promedio de 4 °C. El grupo de vacas estuvo compuesto por las razas Holstein Friesian (54%), Jersey (15%) y cruzas entre las razas mencionadas (31%), el promedio de partos de los vientres se calculó en 3.2 partos para todo el tiempo de estudio. Durante todo el periodo de muestreo (año 2006 al 2024, excepto 2021), se obtuvo un total de 1737 muestras directamente del tanque, tomadas con una frecuencia de dos por semana. Previo a la toma de cada muestra se dejó agitar el tanque por al menos 5 min. Cada muestra consistió en 500 ml de leche para realizar análisis fisicoquímicos y sanitarios. La densidad de la leche se determinó a 15°C por medio del lactodensímetro de Quévenne. La determinación de grasa, proteína, lactosa, ST y SNG se realizó por medio de espectroscopía de infrarrojo (MILKOSCAN™). La determinación de la acidez se realizó por

titulación alcalina con hidróxido de sodio 0.1N, y la cuenta total de bacterias mesófilas anaerobias (CTB) se determinó por un método rápido (SimPlate Recuento total – Indicador de Color). El conteo celular somático (CCS) en leche, se determinó por medio del contador de células óptico (DeLaval®). Se consideraron las 4 estaciones del año, de acuerdo con la fecha del muestreo; invierno (21 de diciembre-20 de marzo), primavera (21 de marzo-20 de junio), verano (21 de junio-20 de septiembre) y otoño (21 de septiembre-20 de diciembre). La información fue analizada mediante ANOVA con el procedimiento GLM de SAS y comparaciones múltiples por medio de la prueba Tukey.

Resultados y discusión

Los valores normales de la leche cruda de acuerdo a la NMX-F-700-COFOCALEC-2012 y los resultados promedio obtenidos durante el periodo de estudio, se muestran en el Cuadro 1. La leche cosechada durante el estudio cumplió con la Norma Oficial Mexicana, sobre todo en componentes de rendimiento como son la grasa, proteína y los sólidos totales, clasificandose de acuerdo a esta norma como leche clase 1.

Cuadro 1. Valores promedio de referencia (NMX-F-700-COFOCALEC-2012) y observados durante el periodo de estudio de los componentes fisicoquímicos de la leche de vaca (2006 – 2024).

Parámetros	Valores promedio de referencia	Valores promedio observados
Fisicoquímicos		
Dens (g/mL)	1.0295 (mínimo)	1.0328
GR (g/L)	≥ 32.0	41.6
ST (g/L)	≥ 120.0	131.4
SNG (g/L)	≥ 83.0	89.9
L (g/L)	≥ 31.0	47.8
P (g/L)	≥ 31.9	33.7
Sanitarios		
CTB (UFC/mL)	≤ 100,000.0*	48,045.0
Ac (g/L)	1.6	1.4
CCS/mL	< 400,000.0**	203,242.0

Dens: densidad; GR: grasa; ST: sólidos totales; SNG: sólidos no grasos; L: lactosa; P: proteína; CTB: cuenta total de bacterias, UFC: unidades formadoras de colonias; Ac: acidez; CCS: cuenta de células somáticas.; *para clasificar como leche clase 1; **para clasificar como leche clase 1.

En todos los parámetros se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) entre estaciones, demostrando un efecto de la temporada del año sobre los componentes de la leche (Cuadro 2). Aunque la calidad de la leche durante el estudio estuvo por arriba de los mínimos que marcan las normas reguladoras, los cambios de estación afectaron significativamente la concentración de sus componentes, como se ha descrito en otros casos (Mishra et al., 2022). La información analizada reveló diferencias estacionales en la produccion de grasa mostrando valores bajos en primavera, pero significativamente altos para otoño; los ST se mostraron altos en otoño e invierno y los SNG resultaron altos en invierno, pero bajos en primavera. La proteína, tuvo sus niveles más bajos durante primavera y verano, y la lactosa estuvo en niveles bajos durante verano a otoño. La tendencia generalizada a tener valores bajos durante primavera-verano sugiere un efecto climático relevante, que podría expresarse en una fisiología afectada del animal al enfrentar un ambiente más hostil, o en la alteración de la calidad del alimento consumido, o ambas cosas. Finalmente, el CTB más alto se observó en verano, mientras que el CCS en tanque se incrementaron durante verano y otoño. Ambos casos podrían explicarse por la estación de lluvias y su impacto en las condiciones generales de higiene en la granja.

Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que el periodo donde existe mayor riesgo de cambio en los componentes de la leche se registra durante primavera, con caida en grasa, proteína y SNG, contrariamente, la temporada de otoño e invierno fueron favorables para incrementar la cantidad de ST, grasa y proteína, resultando esto coincidente con lo reportado por Doran et al. (2021). Por otro lado, la CTB solo se incrementó durante el verano mientras que la CCS fue alta en verano y otoño, esto probablemente haya sido por el incremento en la humedad ambiental originada por la temporada lluviosa en la region de estudio (Lambertz et al., 2014).

.

Conclusiones

La composición de la leche de vacas en pastoreo intensivo tuvo cambios significativos. Durante las estaciones de primavera-verano se observaron las disminuciones más relevantes en los indicadores, lo que sugiere efectos climáticos a considerar en observaciones futuras.

La variacion en los componentes y en la cantidad de leche producida es multifactorial y en algunos casos mitigar los efectos adversos que esta tiene en la economía de la unidad de producción lechera escapan de toda posibilidad, no obstante, en los factores mas importantes como fuente de variación son los debidos a cambios bruscos en la alimentación (cantidad y calidad), y los cambios climáticos ante los cuales se deben contemplar las mejoras en el confort de los alojamientos. Finalmente, para el caso particular de la unidad de producción en estudio, quedó en evidencia que durante la primavera es crítico la caida de varios componentes relevantes de la leche y verano-otoño es la etapa critica para la higiene y salud de las glándulas, por lo cual algunas medidas de prevencion previas a esta época del año contribuirían a minimizar consecuencias negativas.

Cuadro 2. Componentes fisicoquímicos promedio (g/L±ee) de leche de vacas bajo régimen de pastoreo controlado durante un periodo de 18 años consecutivos, mediante muestreo de tanque de enfriamiento.

	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Parámetros Fisicoquímicos				
Densidad (g/mL)	1.0347±0.00075**a**	1.0321±0.00072**b**	1.0332±0.00079**a**	1.0321±0.00079**ab**
Grasa	40.690±0.16788**a**	39.976±0.16067**b**	41.156±0.17725**a**	42.100±0.17747**c**
ST	132.263±0.2691**a**	130.009±0.2575**b**	129.606±0.2841**b**	131.398±0.2841**a**
SNG	91.545±0.2012**a**	90.018±0.1923**b**	88.474±0.2122**c**	89.517±0.2124**b**
Lactosa	47.914±0.1037**a**	47.878±0.1022**a**	47.232±0.1125**b**	47.129±0.1101**b**
Proteína	34.456±0.1206**a**	33.042±0.1191**b**	32.817±0.1308**b**	34.348±0.1279**a**
Parámetros Sanitarios				
CTB (UFC/mL)	35701±13497**a**	31319±13352**a**	87767±14513**b**	26862±14130**a**
Acidez	1.483±0.0054**a**	1.458±0.0052**b**	1.407±0.0057**c**	1.433±0.0057**d**
CCS /mL	177915±8091**a**	176575±7993**a**	228464±8872**b**	211318±8835**b**

ST (Sólidos totales); SNG (Sólidos no grasos); CTB (conteo total de bacterias/ mL); a,b Para cada parámetro, literales distintas en la fila indican diferencia significativa entre estaciones ($p<0.05$).

Referencias bibliográficas

1. Doran M.J., Mulligan F.J. Lynch., M.B., O'Sullivan M., Fahey A.G., McKay Z.C., Brady E.L., Grace C., O'Rourke M., y K.M. Pierce. 2021. Effects of genotype and concentrate supplementation on milk composition and selected milk processability parameters in late lactation spring-calving grazing dairy cows. Int. Dairy J. 114: 104942.
2. Grimley, H., A. Grandison, y M. Lewis. 2009. Changes in milk composition and processing properties during the spring flush period. Dairy Sci. Technol. 89:405–416.
3. Heck J. M. L., van Valenberg H. J. F., Dijkstra J., y A.C.M. van Hooijdonk. 2009. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. J. Dairy Sci. 92 :4745–4755.
4. Lambertz C., Sanker C., y M. Gauly. 2014. Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. J. Dairy Sci. 97 :319–329.
5. Mishra G., Goswami S. C., Jhirwal A.K. y S. Paliwal. 2022. Effect of breed, season and stage of lactation on different milk parameters at organized farm. Asian J. Dairy and Food Res. Doi 10.18805/ajdfr.DR-1937.

.

COMPARACIÓN DE LOS COMPONENTES FISICOQUÍMICOS DE LA LECHE DE VACA Y CABRA EN UN SISTEMA CON PASTOREO Y SUPLEMENTACIÓN.

Delia Gaspar Sánchez*, Vicente Lemus Ramírez, Lorenzo Álvarez Ramírez

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: deliagaspar@fmvz.unam.mx

Palabras clave: rendimiento quesero, derivados lácteos, calidad de la leche.

Introducción

En la agroindustria, la composición de la leche es de suma importancia para la manufactura de diversos lacticinios. Se sabe que la composición de la leche varía en función de la estación del año, de la fase de la lactancia, del alimento consumido, del estado de salud, y de factores genéticos, entre otros. En vacas, por ejemplo, la concentración de grasa y proteína durante el verano e invierno varían debido a factores relacionados con la exposición a diferentes temperaturas y al consumo diferenciado de alimento (Grimley et al., 2009; Heck et al., 2009). En cabras, también se han descrito diferencias estacionales significativas que podrían explicarse de la misma manera (Kljajevic et al., 2018).

No se conocen comparaciones directas de la composición de la leche entre ambas especies. La comparativa fisicoquímica de ambos productos puede acercar a conclusiones importantes relacionadas con el rendimiento obtenido desde cada especie, al igual que su comportamiento contrastado durante periodos importantes.

El objetivo del presente trabajo fue comparar los cambios estacionales y anuales en los componentes fisicoquímicos de la leche (densidad, grasa, proteína, lactosa, sólidos totales -ST- y sólidos no grasos -SNG-) durante un total de 19 años entre vacas y cabras en un sistema con pastoreo.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM, ubicado en el Km 8.5 en la carretera Tequisquiapan-Ezequiel Montes, Querétaro (20° 36' N y 99° 56´ O). El sistema de producción en cabras correspondió a uno mixto, con pastoreo diurno (10:00-17:00h) en praderas de alfalfa y encierro nocturno (17:00-10:00h) con suplemento a base de concentrado comercial y heno de alfalfa; el rebaño en ordeña mecánica fluctuó entre 50 y 150 cabras (Alpina Francés, Toggenburg y Saanen) durante el año. En vacas, el hato estuvo compuesto por las razas Holstein Friesian (54%), Jersey (15%) y sus cruzas (31%). El sistema de producción se basó en pastoreo controlado permanente en praderas similares a las de cabra y con suplementación a base de heno de alfalfa y concentrado. Las vacas se ordeñaron mecánicamente dos veces por día.

Durante todo el periodo de muestreo (año 2006 al 2024), se obtuvo un total de 3426 muestras directamente del tanque, tomadas con una frecuencia de dos por semana. Previo a la toma de cada muestra se dejó agitar el tanque por al menos 5 min. Cada muestra consistió en 500 mL de leche para realizar análisis fisicoquímicos. La densidad de la leche se determinó a 15°C por medio del lactodensímetro de Quévenne. La determinación de grasa, proteína, lactosa, ST y SNG se realizó por medio de espectroscopía de infrarrojo (MILKOSCAN™). Se consideraron las 4 estaciones del año, de acuerdo con la fecha del muestreo [invierno (21 de diciembre-20 de marzo), primavera (21 de marzo-20 de junio), verano (21 de junio-20 de septiembre) y otoño (21 de septiembre-20 de diciembre)]. La información fue analizada mediante anova para muestras repetidas usando el procedimiento PROC MIXED de SAS y comparaciones múltiples con el uso de la prueba Tukey.

Resultados y discusión

La leche de vaca tuvo un mayor ($p<0.05$) contenido de grasa (41.63±0.57) que la de cabra (36.57±0.56, g/L±ee). En este indicador, la variación entre años no fue significativa pero su interacción con la especie sí lo fue. La leche de vaca tuvo un mayor contenido de grasa en todas las estaciones ($p<0.05$). En ambos casos, las variaciones entre estaciones fueron significativas ($p<0.05$; figura 1).

Los SNG fueron diferentes (p<0.05) entre especies y la vaca tuvo valores consistentemente mayores (89.76±0.64) que la cabra (84.27±0.62). La estación tuvo un efecto significativo (p<0.05), y la interacción de ambos factores fue también significativa (p<0.05). La variabilidad del indicador entre años fue significativa, al igual que la interacción con la especie (p<0.05; (figura 1). Lo anterior sugiere que las diferencias entre estaciones y años no son iguales para ambas especies y que las condiciones ambientales afectan más a una que a otra. La caída de SNG entre invierno y verano, como se encontró en cabras, puede influir negativamente en el rendimiento quesero.

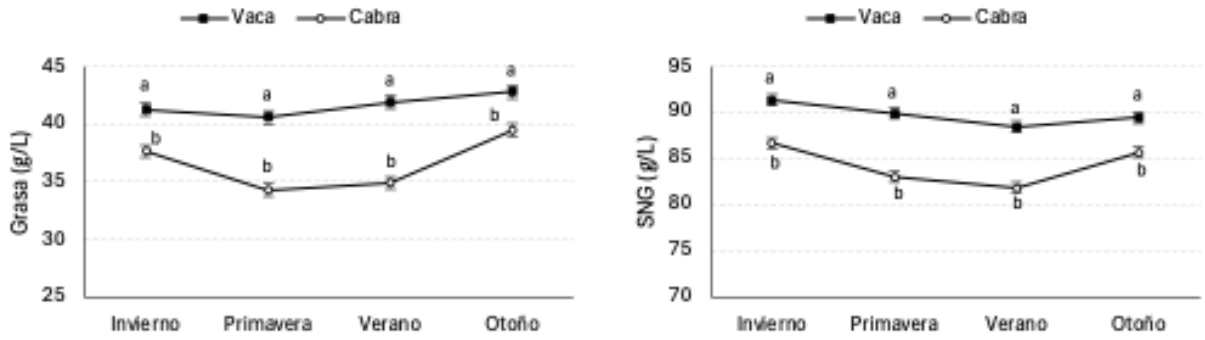


Figura 1. Contenido de grasa (izquierda) y sólidos no grasos (derecha) en leche de vaca y cabra mantenidas en condiciones de pastoreo con suplementación en el altiplano mexicano. a,b Literales distintas indican diferencia (p<0.05) entre cabra y vaca dentro de la estación del año.

Los ST fueron diferentes entre años y el efecto de la especie fue significativo (p<0.05). La vaca tuvo un valor mayor (p<0.05) que en cabras (131.37±0.79 y 120.86±0.78, g/L±ee, respectivamente). Aunque en ambas especies los valores del indicador se incrementaron en otoño-invierno, las cabras aumentaron más sus ST en esas estaciones que las vacas, lo que muestra un claro efecto estacional dependiente de la especie. En ambas especies, los valores más bajos se presentaron en primavera y verano, lo que podría relacionarse con las condiciones climáticas a que están expuestas en general y durante el pastoreo, entre otros factores. Las diferencias entre las estaciones de invierno y verano dejan ver que en ambas especies se presentó un efecto estacional, pero fue más pronunciado en cabras que en vacas (figura 2).
Los valores de lactosa fueron mayores (p<0.05) siempre en vacas (47.76±0.36) que en cabras (42.67±0.35). Estas diferencias entre especies coinciden con lo indicado por Silanikove et al. (2010). El efecto de la estación, el año y sus interacciones con la especie fueron significativos (p<0.05; figura 2).

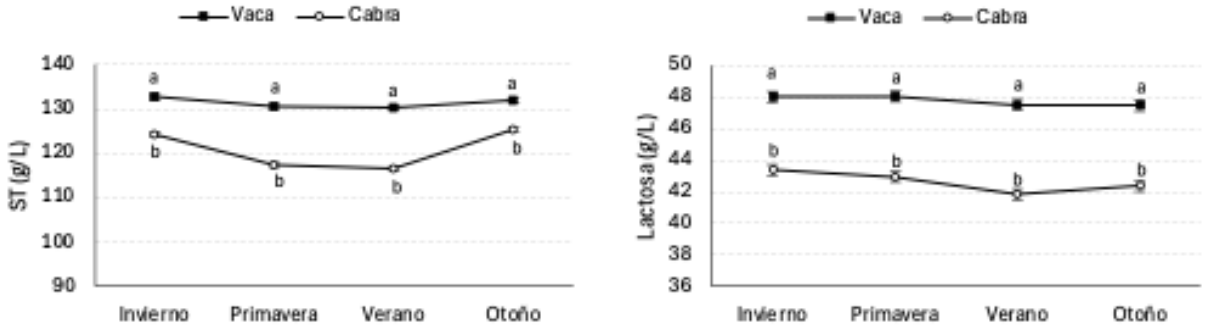


Figura 2. Contenido de sólidos totales (izquierda) y lactosa (derecha) en leche de vaca y cabra mantenidas en condiciones de pastoreo con suplementación en el altiplano mexicano. a,b Literales distintas indican diferencia (p<0.05) entre cabra y vaca dentro de la estación del año.

La densidad de la leche no mostró diferencias significativas por efecto de especie o estación, pero la interacción entre ambas sí fue significativa (p<0.05), y el indicador cambió estacionalmente de modo distinto entre vacas y cabras. La leche de vaca (1.0329±0.0005) tuvo una densidad numéricamente mayor a la de cabra (1.0318±0.0005), pero la diferencia no fue significativa (p>0.05; figura 3).

La concentración de proteína fue diferente entre especies y cambió significativamente entre estaciones y años ($p<0.05$). El efecto de la estación y año dependió de la especie. En promedio, la leche de vaca (33.62±0.24) tubo una mayor ($p<0.05$) cantidad que la de cabra (32.93±0.23). La diferencia entre especies fue más pronunciada en primavera, lo que sugiere una mayor vulneravilidad de la cabra en esta estación (figura 3).

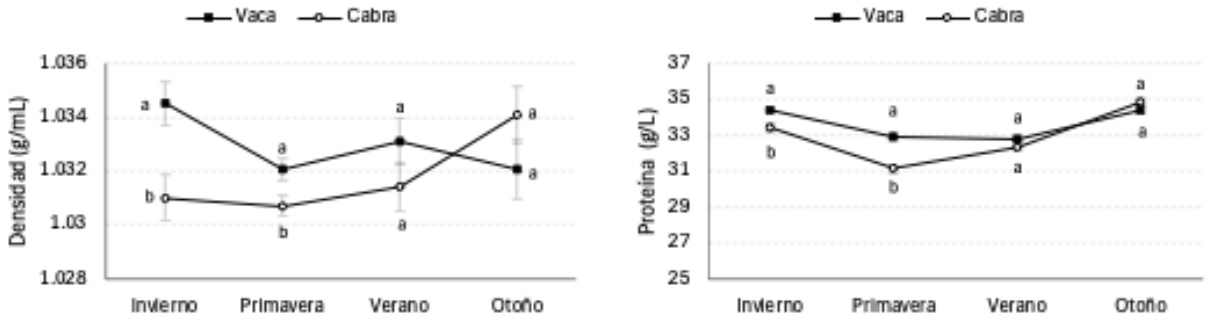


Figura 3. Densidad (izquierda) y contenido de proteína (derecha) en leche de vaca y cabra mantenidas en condiciones de pastoreo con suplementación en el altiplano mexicano. a,b Literales distintas indican diferencia ($p<0.05$) entre cabra y vaca en la estación.

Los valores más bajos de proteína y grasa durante verano han sido también descritos en vacas (Zazharska et al., 2024). Ambos componentes son primordiales para explicar el valor nutricional de la leche y la calidad de algunos derivados; la cantidad de grasa también es determinante en el precio que se pagará al productor (Zazharska et al., 2024).

Conclusiones

La leche de vaca mostró una concentración significativamente mayor de grasa, sólidos no grasos, sólidos totales, lactosa y proteína que la de cabra. En ambos casos, la leche tuvo variaciones estacionales durante el año.

Referencias bibliográficas

1. Grimley, H., A. Grandison, y M. Lewis. 2009. Changes in milk composition and processing properties during the spring flush period. Dairy Sci Technol 89:405–416. doi:10.1051/dst/2009016.
2. Heck, J.M.L., H.J.F. van valenberg, J. Dijkstra, y A.C.M. van Hooijdonk. 2009. Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. J Dairy Sci 92:4745–4755. doi:10.3168/jds.2009-2146.
3. Kljajevic, N. V., I.B. Tomasevic, Z.N. Miloradovic, A. Nedeljkovic, J.B. Miocinovic, y S.T. Jovanovic. 2018. Seasonal variations of Saanen goat milk composition and the impact of climatic conditions. J Food Sci Technol 55:299–303. doi:10.1007/s13197-017-2938-4.
4. Silanikove, N., G. Leitner, U. Merin, y C. Prosser. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. Small Rum Res 89:110–124. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.12.033.
5. Zazharska, N. V., I.A. Biben, y N.M. Zazharska. 2024. Influence of the season on the main components of cow milk in Ukraine. Regul Mech Biosyst 15:423–428. doi:10.15421/022459.

REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR AFLATOXINAS DURANTE LA INOCULACIÓN EXPERIMENTAL DE *ASPERGILLUS FLAVUS* EN ENSILAJE DE MAÍZ FORRAJERO.

Alberto Rangel-Muñoz[1], Arturo G. Valdivia-Flores[1*], Erika Janet Rangel Muñoz[1], María Carolina de Luna López[1], Emmanuel Hernández Valdivia[1], Teódulo Quezada-Tristan[1], José De Jesús Luna-Ruiz[1], Amalio Ponce –Montoya[2], Sanjuana Hernández-Delgado[3,] y Netzahualcóyotl Mayek-Pérez[3]

[1]Departamento de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA)
[2]Departamento de Ciencias Agronómicas de la UAA. 3 Centro de Biotecnología Genómica del IPN.

*Autor para correspondencia: gerardo.valdivia@edu.uaa.mx

Palabras clave: inocuidad alimentaria; Control biológico; Lechería bovina.

Introducción

Las Aflatoxinas (AFs), son metabolitos secundarios producidos por hongos del género Aspergillus, especialmente *A. flavus y A. parasiticus.* Las AFs son compuestos termoestables extremadamente tóxicos, inmunodepresores y carcinogénicos, tanto para los humanos como para los animales. *A. flavus* crece ampliamente en granos, semillas y oleaginosas en una gran diversidad de condiciones meteorológicas. Este hongo libera conidios (esporas), que son trasladadas por las aves, insectos y viento, que colonizan y se desarrollan en los elotes y en las cosechas almacenadas (de Luna et al., 2008).

El ensilaje de maíz es una práctica de conservación del forraje que aprovecha la fermentación ácido-láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas para inhibir el desarrollo de la microbióta y conservar los nutrientes de la planta. Por lo que el ensilado de maíz constituye la base de la alimentación del ganado lechero en muchas partes del mundo, ya que permite utilizar esta planta como fuente de alimentación durante un período prolongado. Cuando las AFs son ingeridas por los animales lactantes, una proporción muy grande (>99 %) es eliminada por los mecanismos enzimáticos corporales, mientras que la parte restante se hidroliza y se excreta en la leche como metabolitos menos potentes (AFM_1 y AFM_2) que las formas químicas originales, pero son incorporados a la cadena alimenticia poniendo en riesgo la salud pública (Rangel et al., 2020).

Se ha observado que el ensilaje de maíz es uno de los ingredientes de las raciones de las vacas lecheras más frecuentemente contaminados por AFs, por lo que se sospecha que los procedimientos de ensilado no están alcanzando niveles óptimos para inhibir la totalidad de la microbiota indeseable, así como también se han desarrollado múltiples métodos de aseguramiento de la inocuidad de los productos lácteos. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia de dos cepas no aflatoxigénicas de *A. flavus* para disminuir la contaminación por AFs en la planta completa de maíz forrajero y en el ensilaje de maíz inoculados con dos cepas aflatoxigénicas.

Materiales y métodos

Cepas fúngicas. Se utilizaron cuatro cepas de *A. flavus*: un aislado proveniente de ensilaje de maíz (CS1) sin capacidad de producción de AFs y resultado negativo a la amplificación del gen regulador de la ruta biosintética de aflatoxinas, aflR (Rangel y col 2020); una cepa no aflatoxigénica (AF36, NRRL 21882, Chang, 2020) y también se incluyeron dos cepas de A. flavus (originarias de Cuautitlán, Estado de México y de Río Bravo, Tamaulipas) con capacidad aflatoxigénica conocida (De Luna y col 2013). La producción de esporas de los aislados anteriores se obtuvo de acuerdo con el método de Quezada et al (2011); las esporas fueron suspendidas en una solución estéril de Tween 80 (0.1%), cuantificadas y diluidas para su inoculación (5 mL de inóculo; 7 x 10^7 esporas/mL) con aceite parafínico (1.0%) como medio adherente.

Diseño de tratamientos. La evaluación de la contaminación por aflatoxinas se realizó con seis repeticiones por cada tratamiento: A) inoculación directa en el elote (*in situ*) bajo condiciones de invernadero; B) en micro ensilaje de la planta de maíz triturada con compresión y extracción de aire controladas. Inoculación directa. En un invernadero del Centro de Ciencias Agropecuarias de la UAA, previamente sometido a un proceso profundo de lavado y desinfección (hipoclorito de sodio 3.0 %), se utilizó el maíz híbrido de ciclo de crecimiento intermedio Pionner P3055W. Los granos desinfectados se sembraron en macetas con un sustrato libre de microorganismos específicos (18 L). A los 95 días después de la germinación, se realizó instilación de la suspensión de esporas sobre de los estigmas de cada elote con ayuda de una aguja y se

aisló cada elote con una bolsa de papel con cierre hermético. Ensilaje. Se elaboraron micro silos con las partes aéreas de las plantas recolectadas a partir de 15 cm del suelo; se retiraron los elotes y se estandarizó la concentración media de grano existente (267 g/kg). La trituración se realizó usando un molino de martillos eléctrico hasta lograr un tamaño de partícula uniforme (2-3 cm). La totalidad de las plantas trituradas fueron homogeneizadas y se obtuvieron submuestras (1.5 kg). Cada bolsa de microensilaje recibió granos inmaduros previamente inoculados. El forraje se depositó en bolsas de plástico herméticas, se compactó uniformemente (10 kg/cm^2) y se utilizó una bomba de vacío hasta eliminar la mayor cantidad posible del aire contenido en la bolsa. Los microsilos se sellaron y almacenaron para su proceso posterior hasta que se concluyeron las fases del proceso de fermentación del ensilaje (40 días).

Cuantificación de aflatoxinas. La cuantificación de AFs se realizó con el método 990.33 de la AOAC, para lo cual se utilizaron columnas de fase sólida (SPE; SupelcleanTM LC-18 SPE tube, Sigma-Aldrich, EUA) y un sistema de HPLC con detector de fluorescencia (Bomba binaria Varian Pro Star; FP detector 2020, Varian Associates Inc., Victoria, Australia), columna C18 y guarda columna (LC-18 y LC-18; Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, EUA). La concentración de aflatoxinas totales se estimó con base en la materia seca empleando curvas de calibración de AFs purificadas (Sigma Aldrich, USA).

Análisis estadístico. El experimento se realizó por sextuplicado. Las cantidades detectadas de AFs se promediaron y se estimaron como media ± error estándar. Con el apoyo de un software estadístico (version 9.4; SAS, Institute Inc., Cary, NC) se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA de una vía) con un intervalo de confianza del 95%. Se realizó la prueba de diferencia mínima significativa honesta de Tukey (HLSD de Tukey) para estimar la significancia de las diferencias entre las medias de los tratamientos.

Resultados y discusión

Las cepas de *A. flavus* AF-CS1 y AF-36 produjeron cantidades comparativamente pequeñas en la etapa experimental de crecimiento de las plantas de maíz (Tabla 1). Estas concentraciones originales se redujeron en la materia vegetal fermentada, probablemente por la reducción del pH alcanzada en el proceso de ensilaje (desde 6.5 hasta 3.9). De forma contraria, las cepas aflatoxigénicas Tamaulipas y Cuautitlán produjeron una gran cantidad de AFs tanto en la etapa de crecimiento de la planta como durante el proceso de fermentación del ensilaje. Sin embargo, cuando se inocularon juntas las cepas control positivo y las cepas no aflatoxigénicas se redujo (p<0.01) la cantidad promedio de AFs producida en todos los sustratos en comparación con la concentración de AFs producidas en la inoculación aislada. En general, la eficacia que mostraron las cepas AF-CS1 y AF-36 para reducir la cantidad de AFs producida por las cepas Cuautitlán y Tamaulipas fue de 60.1 %.

Tabla 1. Efecto del proceso de ensilaje de maíz y de la cepa de *Aspergillus flavus* (AF) inoculada experimentalmente sobre la concentración de aflatoxinas totales (AFs) en el forraje fermentado.

Cepas inoculadas	A. Planta entera (µg/kg MS)	B. Ensilaje (µg/kg MS)	Variación por ensilaje [(B-A)/A]	Variación por interacción (%*)
Control	2.7 ^{g} ± 0.6	0.0 ^{ns} ± 0.9	-1.0	
AF-CS1	33.5 ^{f} ± 0.6	5.7 * ± 0.0	-0.8	
AF-36 (Control negativo)	35.5 ^{f} ± 2.3	3.0 * ± 0.0	-0.9	
AF-T (Tamaulipas)	734 ^{a}± 16.1	20,355 **± 344	26.7	
AF-C (Cuautitlán)	508 ^{b}± 105	25,028 **± 312	48.3	
AF- CS1+AF-T	304 ^{c}± 47.5	2,779 **± 43.1	8.2	-86.3
AF- CS1+AF-C	84.2 ^{e}± 0.9	19,836 **± 168	235	-20.7
AF-36+AF-T	275 ^{d}± 88.7	5,723 **± 368	19.8	-71.9
AF-36+AF-C	33.5 ^{f}± 1.0	9,164 **± 627	273	-63.4
Total	223 ± 29.2	9,210 ± 207	67.5	-60.6

$^{a-g}$ letras diferentes discriminan medias de concentración por AFs mediante la diferencia honestamente significativa de Tukey.

$^{ns, *, **}$ Diferencias significativas entre la concentración de AFs en la planta entera y en el ensilaje, ns = no significativo, * = p < 0.5, ** = p < 0.01

* Diferencia porcentual de concentración de AFs (µg/kg MS) entre la inoculación de cepas toxigénicas y la combinación con cepas no toxigénicas.

La menor concentración de AFs fue detectada cuando las cepas de *A. flavus* fueron inoculadas en la planta completa (223 µg/kg), mientras que en el ensilaje de maíz se acumularon sesenta y siete veces más (9,210 µg/kg). Esta observación sugiere la gran importancia de alcanzar condiciones más apropiadas para que durante el proceso de ensilaje se asegure la inhibición completa de la microbiota presente en el material vegetal empleado para el ensilaje mediante la utilización de aditivos, inóculos, hermeticidad y compresión del ensilado.

Ya se ha reportado la disminución de la concentración de aflatoxinas totales al realizar la co-inoculación de cepas de *A. flavus* no toxicogénicas y toxicogénicas, tanto en granos de maíz, como en la producción de maíz y en campos de cultivo. Aunque no se sabe exactamente el mecanismo de inhibición de la producción de AFs, este efecto de control de la contaminación ha sido explicado como un tipo de interacción fúngica en el que las cepas toxigénicas reducen la expresión de las rutas biosintéticas de AFs cuando entran en contacto cercano o inmediato con toxotipos de *A. flavus* que no tienen esa capacidad (Weaver et al., 2019). Lo anterior sugiere que este tipo de control biológico de la contaminación de la cadena alimenticia lechera puede ser integrado a otros métodos físicos y químicos para asegurar la inocuidad alimentaria. Aunque la utilización de cepas no toxigénicas parece un mecanismo de control biológico relativamente seguro, el bio-control efectivo deberá validarse de acuerdo con su rango de adaptación ambiental, el cultivo y tipo de suelo donde se introducirá, considerando los aspectos pertinentes sobre seguridad y calidad de los alimentos, así como las regulaciones en la materia para México.

Conclusiones

En este estudio experimental se estimó en 60.6% la capacidad de las cepas no aflatoxigénicas de *A. flavus*, denominadas AF-CS1 y AF-36, para reducir la producción de aflatoxinas en dos cepas toxigénicas originarias de Cuautitlán, Estado de México y de Río Bravo, Tamaulipas, al desarrollarse en la planta de maíz forrajero, así como en su ensilaje.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero brindado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes (Proyecto PIP/SA 25-1).

Referencias bibliográficas

1. Chang, P.-K. Chang, T.D. Katoh K. Deciphering the origin of Aspergillus flavus NRRL21882, the active biocontrol agent of Afla-Guard®. Letters in Applied Microbiology 2020, 72(5):509-516. https://doi.org/10.1111/lam.13433
2. De Luna-López, M. C., Valdivia-Flores, A. G., Jaramillo-Juárez, F., Reyes, J. L., Ortiz-Martínez, R., & Quezada-Tristán, T. (2013). Association between Aspergillus flavus colonization and aflatoxins production in immature grains of maize genotypes. Journal of Food Science and Engineering, 3(12), 688. https://doi.org/10.17265/2159-5828/2013.12.007
3. Quezada, M. Y, Olivas A, Alvarenga A. A, Badillo M. E, Moreno E. (2011). Resistencia de Plantas de Maíz a la Infección por *Aspergillus Flavus* Link en Invernadero. Revista Agraria -Nueva Epoca, 8(2): 15-20.
4. Rangel-Muñoz, E. J. Valdivia-Flores, A. G., Moreno-Rico, O., Hernández-Delgado, S., Cruz-Vázquez, C., Luna-López, M. C. D., Quezada, T.; Ortiz-Martínez, R.; Máyek-Pérez, N. 2020. Caracterización de Aspergillus flavus y cuantificación de aflatoxinas en pienso y leche cruda de vacas en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 2(11):435-454. https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5686
5. Weaver M.A., Abbas H. K. Field Displacement of Aflatoxigenic *Aspergillus flavus* Strains Through Repeated Biological Control Applications. Frontiers in Microbiology, 2019. 10: https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01788

IDENTIFICACIÓN DE *E. coli* PATÓGENA EN CANALES DE UN RASTRO MUNICIPAL.

Carlos Enrique Sánchez Medrano[1], Ulises Hernández Chiñas[2,3], Carlos Alberto Eslava Campos[2,3], Giovany Ortiz Arana[1], Xochil Vega Manriquez[1*].

[1]Laboratorio de Microbiología Veterinaria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí; [2]Unidad de Investigación Básica y Clínica en Enfermedades Infecciosas, Departamento de Salud Pública/División de Investigación, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México; [3]Laboratorio de Patogenicidad Bacteriana: Unidad de Hemato-Oncología e Investigación, Hospital Infantil de México Federico Gómez.

*Autor para correspondencia: xochitl.vega@uaslp.mx

Palabras clave: *E. coli*, canales, inocuidad

Introducción

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) constituyen uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial. Por tal motivo, una de las prioridades de los gobiernos es mantener la salud de sus pobladores, ofreciendo alimentos nutritivos, pero sobre todo libres de patógenos que puedan causar una enfermedad al ser consumidos. La carne es un alimento básico en la dieta de los mexicanos por su aporte de nutrientes, sin embargo, se considera dentro del grupo de alimentos que presentan mayor riesgo en salud pública, ya que son responsables de causar enfermedades graves en humanos. Diversos estudios indican que la contaminación de la carne se produce durante el proceso de sacrificio llevado a cabo en los rastros, principalmente debido a condiciones de higiene y manipulación inadecuadas. Por lo tanto, la aplicación de buenas prácticas de higiene (BPH) durante el proceso de sacrificio es de gran importancia para la preservación de la salud pública y el aseguramiento de la calidad de la carne.

La carne de bovinos proveniente de rastros que establecen buenas prácticas de manufactura durante el faenado se considera estéril desde el punto de vista práctico, ya que hay un mejor control en cada una de las etapas, evitando la contaminación de la canal, dando como resultado productos inocuos, aptos para el consumo humano. Lamentablemente no siempre proviene de lugares que mantenga las condiciones sanitarias adecuadas. El recuento de bacterias indicadoras fecales presentes en canales es una herramienta eficaz que permite conocer el estado sanitario del establecimiento y una posible prevalencia de patógenos presentes en la carne. El objetivo del presente trabajo fue aislar y caracterizar bacterias obtenidas en superficies de canales de bovino procesadas en un rastro municipal.

Materiales y métodos

El muestreo se realizó en 30 canales de bovino faenadas el mismo día y previas a su refrigeración, en total se obtuvieron 90 muestras, la toma de éstas se realizó en la mitad de las canales utilizando el lado derecho de la canal, y tomadas de tres sitios diferentes que fueron pierna, falda y pecho. Para el recuento total de coliformes fecales y el aislamiento de *Enterobacterias* se utilizaron medios de cultivo específicos, agar MacConkey y agar soya tripticaseina (TSA) ambos se incubaron 18-24 h a 37ºC en incubadora bacteriológica. Posteriormente se seleccionaron colonias bacterianas que presentaban características similares para *Escherichia coli* y otras *Enterobacterias.*

Se realizaron pruebas bioquímicas para la identificación de diferentes géneros bacterianos. Las muestras identificadas como *E. coli* fueron analizadas mediante pruebas moleculares y serológicas para determinar el filogrupo y el serogrupo al que pertenecían. Para identificar el grupo filogenético al cual pertenecían las cepas, se realizó el ensayo de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) utilizando diferentes iniciadores. La técnica de PCR también se utilizó para identificar los genes de virulencia *stx1, stx2* y *bfp, eaeA* pertenecientes a los patotipos STEC y EPEC respectivamente. La serotipificación de las cepas de *E. coli* aisladas se realizó mediante la identificación del antígeno somático (O) y flagelar (H), con sueros de conejo según el procedimiento descrito por Kaufmann-Orskov-Scheutz (1984). Finalmente se realizó pruebas de susceptibilidad antimicrobiana a las cepas de *E. coli* aisladas, utilizando el método de difusión de agar (Kirby-Bauer).

Resultados

Se aislaron 309 bacterias las cuales fueron almacenadas en medio de conservación y refrigeración hasta su procesamiento. La identificación por pruebas bioquímicas reportó 6 diferentes géneros de bacterias en las canales muestreadas. *E. coli* 110 cepas (22 canales/73.3%) fue el microorganismo más frecuentemente identificado, seguido por *Enterobacter spp*. 71 cepas (23 canales/76.6%), *Citrobacter spp.* 66 cepas (18 canales/60%), *Proteus spp*. 34 cepas (10 canales/33.3%), *Shigella spp*. 15 cepas (7 canales/23.3%), *Klebsiella* spp. (2 canales/6.6%) con 3 aislamientos y 10 cepas s/c (10 canales/26.6 %). Con respecto a la región muestreada, la pierna presento el mayor número de bacterias con frecuencias de aislamientos que van del 100 % para *Klebsiella spp*.; *Shigella spp*. con 80 %; *E. coli* con 35.45 %; *Enterobacter spp*. con 28.16 %; *Citrobacter spp*. con 27.27 % y *Proteus spp*. con 23.5 %.

De las 110 cepas de *E. coli* aisladas se identificaron 53 serogrupos. Los que se describen con mayor frecuencia son O139 (ETEC) con 6 cepas; O65 (STEC) con 5 cepas; O6 (ETEC y EPEC), O22 asociado a UPEC, O34 (EPEC atípica), O70 y O150 asociados a aislamientos de Infecciones urinarias (UTI), O154 (STEC) y O176 (EHEC) con 4 cepas cada uno; O103 (STEC) y O149 (ETEC) con 3 cepas.
La mayoría de las cepas analizadas se ubicaron en los grupos filogenéticos comensales B1(46.6 %) y A (30 %), con menor proporción en los grupos clasificados como patógenos extraintestinales se observó B2 (6.6 %), E (3.3 %) y F (10%). Al realizar la PCR para identificar genes relacionados a virulencia, únicamente amplifico el gen *stx1* que corresponde al patotipo STEC. Siendo negativos en todas las cepas los genes *stx2* pertenecientes al patotipo STEC/EHEC y *eae* y *bfp* presente en EPEC.

Las cepas de *E. coli* a las cuales se les realizó la prueba de susceptibilidad antimicrobiana mostraron patrones de resistencia para 4 o más antibióticos. Siendo principalmente para beta lactámicos, quinolonas, tetraciclinas, sulfas, daminopirimidina y anfenícoles. En cambio, los fosfonatos fue el único grupo en donde todas las cepas mostraron susceptibilidad.

Discusión

Los elevados recuentos microbianos de coliformes fecales hallados en la mayoría de las canales en el estudio, indican la falta de buenas prácticas de higiene. Lo que concuerda con el recuento de coliformes en canales de res en cuatro rastros municipales que mostró 83% de contaminación con *E. coli*[1]. Por otro lado, la NOM-194-SSA1-2004[2], no establece los límites máximos para el recuento de coliformes en canales de res, por lo que el monitoreo de estos microorganismos no se lleva a cabo en los establecimientos de sacrificio. En nuestra investigación la región de la pierna y el pecho fueron las áreas que presentaron la mayoría de las bacterias identificadas como *E. coli*. En contraste a nuestros resultados se menciona que las regiones poco manipuladas (pierna) suelen presentar niveles bajos de contaminación[3], posiblemente relacionado al izado de la canal que dificulta la manipulación de esta zona.

La mayoría de los serogrupos aislados se asocia a patotipos ETEC o STEC de importancia en enfermedades trasmitidas por los alimentos. El serogrupo predominante dentro de los aislamientos tipificables fue O139 asociado extensamente a los patotipos ETEC y EHEC/STEC previamente identificados en canales de res[4]. Las cepas de *E. coli* que se aislaron de las canales únicamente amplificaron para el gen *stx1*, resultados similares se han identificado en cepas de *E. coli* de canales de bovino con genes *stx1* y *stx2*. Todas las cepas de *E. coli* a las cuales se les realizó la prueba de resistencia antimicrobiana mostraron multirresistencia para tres o más fármacos, lo que es relevante debido a que varios de estos antibióticos se utilizan en primera instancia para contrarrestar enfermedades en seres humanos. Existen publicaciones que abordan la resistencia de cepas de *E. coli* aisladas de canales de bovino, donde observan multirresistencia en el 38.3% de los aislamientos.

Conclusiones

En este estudio se identifican cepas de *E. coli* aisladas de canales de res que mostraron factores de virulencia que las agrupan en serogrupos, filogrupos y patotipos patógenos para el ser humano, además de presentar patrones de multirresistencia a antimicrobianos, lo que representa un factor de riesgo.

Fuente financiadora

La investigación se llevó a cabo con recursos propios de los laboratorios e investigadores participantes.

.

Referencias bibliográficas

1. Vázquez-Villanueva j, Vázquez K, Martínez-Vázquez AV, et al., Antibiotics 2023, 12, 291.
2. NORMA Oficial Mexicana NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios.
3. Nouichi, S., Hamdi, T. M. 2009. Euro J Scien, *38*(3): 474-85.
4. Wieczorek K, L Beutin, J Osek. Vet Rec 2011, 22;168(3):80.
5. Rigobelo EC, Maluta RP, Borges CA, et al., Afr J Microbiol Res 2011, 5(16), pp. 2217-2221.

DURABILIDAD DE UNA LECHE FERMENTADA UTILIZANDO MEZCLAS DE *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS Y BIFIDOBACTERIUM BIFIDUM.*

Bernardo Marín Mejía*[1], Roger De Hombre[2], Oxalis Rodríguez Martínez[2], Aniely M´Boumba Rodríguez [2] y Susana Banguela Perez[2]

[1]. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México
[2]. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria

*Autor para correspondencia: bjmarin@unam.mx

Palabras clave: probióticos, durabilidad, viabilidad

Resumen
Se estudió la influencia del porciento de los cultivos de *Lactobacillus acidophilus* (A) y *Bifidobacterium bifidum* (B) (0.5 a 2.8 %) y el porciento de inoculación (2.5 y 3.5 %), sobre la viscosidad de una leche fermentada. Se realizaron las evaluaciones físico-químicas, microbiológicas y sensoriales del producto. Finalmente se determinó la durabilidad, así como el conteo de células viables. Se concluye que la leche fermentada AB, puede ser producida con resultados exitosos, sin afectar las características sensoriales del producto, con una durabilidad de 11 días y con conteo de células viables de A y B superior a 1 x 10^6 durante este tiempo.

Introducción
Entre los productos lácteos, la elaboración y el consumo de las leches fermentadas muestran una tendencia ascendente debido al agrado por su sabor ácido, textura suave y efectos beneficiosos a la salud. En la actualidad, no solo se emplean cultivos tradicionales, sino también otros microorganismos con efectos probióticos como *Bifidobacterium*, *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus casei* (*1*).
Desde el punto de vista sensorial, se evalúa por técnicas orales, se perciben atributos como: viscosidad, suavidad y filantez (*2*). El objetivo de este trabajo fue determinar la durabilidad de una leche fermentada utilizando un cultivo asociado de *L acidophilus* y *B bifidum* considerando el conteo mínimo de células viables recomendado en el producto terminado.

Materiales y métodos
Se utilizó leche recombinada a partir de leche entera en polvo (LEP) y descremada (LDP) con 8.5% de sólidos no grasos (SNG) y 2.5% de grasa. Los cultivos utilizados fueron: *L acidophilus* P-8 (A) y *B bifidum* Vo37 (B) procedentes del Banco de Cepas del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia con conteos iniciales de 10^8 ufc/mL. La leche se calentó a 60-65 °C y se homogenizó a 20 MPa; luego se pasteurizó a 90 °C durante 5 minutos y se refrescó a 42 °C. De esta producción, se tomaron 5 L y se inoculó con la mezcla de cultivos según un diseño de mezcla de 3 factores (proporciones de leche entre 96.5 y 97.5; de cultivo A y de cultivo B entre 0.5 y 2.80) con el cual se obtuvieron 15 experimentos (3). El producto se envasó y se incubó a 42-43 °C hasta su coagulación. Una vez coagulado, se refrescó a temperatura ambiente durante 30 minutos y posteriormente se conservó en refrigeración a 4-6 °C. Una vez seleccionada la mejor combinación de factores, se hicieron 6 réplicas para obtener el producto a escala piloto envasado en pomos de vidrio de 1 litro, siguiendo la misma tecnología y se realizaron los análisis físico-químicos y microbiológicos. Estos son: contenido de sólidos totales y de grasa, acidez y pH (*11*); conteo de microorganismos coliformes (*12*); conteo de hongos y levaduras (*13*) y conteo de coli fecal (*14*). Además, conteo de *L. acidophilus* (*15*) y conteo de *B. bifidum* (*16*). La evaluación sensorial se llevó a cabo con un grupo de 5 jueces adiestrados empleando la ficha recomendada por el Centro Regional para América Latina de la FAO (*17*) que tiene 26 puntos como valor de máxima calidad. Para evaluar la durabilidad, las muestras se conservaron a 4-6 °C y mediante un muestreo de diseño parcialmente escalonado, se evaluaron a las 48 horas y después diariamente hasta el rechazo total. Para la aceptación o rechazo, se utilizó el mismo grupo de jueces. El rechazo se determinó por la aparición de olor, sabor o aspecto no característicos del producto. Los resultados se procesaron por el método de ploteo de riesgo, descrito en la metodología vigente para evaluar la durabilidad en productos alimenticios (*18*), para $\alpha = 0.05$ admitiendo un 5 % de unidades rechazadas. Para determinar la viabilidad, se tomaron tres muestras de cada uno de los lotes, a las 24 h de producido y después cada 48 h, hasta rechazo. Los resultados se procesaron mediante el

promedio del recuento de las colonias en placas duplicadas, expresándose el número de unidades formadoras de colonias (ufc/g) a cada tiempo de conservación.

Resultados y discusión

El plan experimental y los resultados de la viscosidad se aprecian en el Cuadro 1. El incremento tanto de la proporción del cultivo A (X_1) como del B (X_2) así como su interrelación, provocó un aumento de la viscosidad, mientras que la proporción de leche (X_3) tiene efecto negativo en su interacción con X_1 y X_2. De acuerdo con estos resultados puede decirse que con la menor proporción de leche (96.5 %) y la mayor proporción de los cultivos A y B (1.75: 1.75), se alcanzan las viscosidades más elevadas del producto, tratamiento escogido para realizar las 6 réplicas y llevar a cabo el resto de las evaluaciones.

En el Cuadro 2 se dan los resultados de la evaluación fisicoquímica y microbiológica de la leche fermentada AB. Los resultados de sólidos totales y grasa están de acuerdo con las especificaciones establecidas para la leche recombinada a utilizar. En cuanto a la acidez, está dentro de los parámetros para las leches fermentadas que se producen. Los resultados del análisis microbiológico se corresponden con los de un producto de buena calidad sanitaria. La evaluación sensorial del producto dio por resultado una puntuación final de 23.6 (s = 0.8), que corresponde a una calificación de bueno. Los resultados de la durabilidad se muestran en los Cuadros 3 y 4. El rechazo fue debido a defectos en el olor, excesiva acidez y cambios en la textura. La durabilidad del producto a 4-6 °C fue de 11 días. Resultados similares han sido encontrados por otros autores en el yogur y la leche acidófila (*4*). En el Cuadro 5 se presentan los resultados de viabilidad de los cultivos A y B. Los conteos al final del periodo fueron de 2.0 x 10^9 para *B bifidum* y de 5.8 x 10^8 para *L acidophilus*. Se ha encontrado que algunas especies de *bifidobacterium*, en asociación para yogur, son susceptibles a pH tan bajos como 4.1. Como se muestra en el Cuadro 2, el valor de pH de la leche fermentada AB a las 24 horas de incubación se encontraba alrededor de 4.05, lo cual pudiera afectar el desarrollo del *bifidum*.

Cuadro1.Resultados de la viscosidad según diseño de mezcla.

Corrida	Cultivo A (%)	Cultivo B (%)	Leche (%)	Viscosidad η_{ap} (mPa.s)
6	2.00	0.50	97.50	100.9
10	2.00	0.50	97.50	101.758
4	0.50	2.00	97.50	89.64
8	0.50	2.40	97.10	89.64
3	2.50	0.50	97.00	102.92
11	0.50	2.00	97.50	90.138
9	2.80	0.70	96.50	97.44
7	0.70	2.80	96.50	98.438
5	0.70	2.80	96.50	92.267
2	1.25	1.25	97.50	98.876
12	2.80	0.70	96.50	102.462
15	1.25	1.25	97.50	86.32
14	1.75	1.75	96.50	115.5
13	1.55	1.55	96.90	101.758
1	1.75	1.75	96.50	119.52

Cuadro 2. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la leche fermentada AB (n= 6).		
Análisis	Media	s
Sólidos Totales (%)	11.82	0.21
Grasa (%)	2.54	0.06
Acidez (%)	1.05	0.04
pH	4.05	0.06
Conteo coliformes (ufc/g)	(-)	
Conteo coli fecal (ufc/g)	(-)	
Conteo Hongos y Levaduras	0-10	

Cuadro 3. Parámetros de la Distribución de Weibull en la durabilidad de la leche fermentada			
Parámetro	Valor	Límite inferior	Límite superior
De escala	13.2824	12.2764	14.3768
De forma	14.9421	1.9178	30.2829

Cuadro 4. Durabilidad de la leche fermentada AB, conservada a 4-6 °C			
Percentil	Valor	Límite inferior (días)	Límite superior (días)
5	11.8879	10.9633	13.3444
Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov Número de observaciones: 6 Dmax= 0.123 $D_{0.05}$ = 0.521			

Cuadro 5. Viabilidad de los cultivos A y B durante el tiempo de conservación (n= 12)

Medio de Cultivo	Cultivo		Tiempo de Conservación (días)					
			1	3	5	7	9	11
Agar MRS	A	Ufc/g ± s*	2.3×10^8 0.26	3.5×10^8 0.16	7.0×10^8 0.14	4.1×10^8 0.26	6.0×10^8 0.04	5.8×10^8 0.15
Agar ARM	B	Ufc/g ± s*	2.4×10^8 0.12	1.7×10^8 0.07	7.6×10^8 0.08	1.5×10^7 0.07	4.5×10^6 0.14	2.0×10^9 0.12

*Valores de s calculados a partir del log del número de microrganismos
Sección Pecuaria: d) Inocuidad de alimentos. Modalidad Cartel

Conclusiones

La leche fermentada elaborada con un cultivo asociado de *L acidophilus* y *B bifidum* puede ser producida con resultados exitosos en cuanto a características sensoriales y viscosidad, utilizando un 3.5 % de inoculación y una mezcla de 1:1. La durabilidad del producto conservado a 4-6 °C, es de 11 días, manteniendo el número de células viables con conteo superior al mínimo terapéutico requerido.

Referencias bibliográficas

1. M´Boumba, A. y Iñiguez, C. Cienc. Tecnol. Alim. 24 (1): 54-58, 2014
2. Liu, X. T.; Zhang, H.; Wang, F.; Luo, J.; Guo, H. Y. y Ren, F. Z. Dairy Sci. 97: 3292–3299, 2014
3. Desing Expert. Version 2.05. Software by State Ease. Copykyt. 1989
4. Ilicic, M.D.; Milanovic, S.D.; Caric, M.D.; Dokic, L.P. y Kanuric, K.G. J. Texture Studies 45: 13-19, 2014
5. Iñiguez RC y Paz FMT. Centro de Documentación. MINAL. IIIA. La Habana, Cuba. 1990

ALTERACIONES FISICOQUÍMICAS, SENSORIALES, NUTRICIONALES Y MICROBIOLÓGICAS EN DIETAS CON LEGUMINOSAS PARA *Apis mellifera* L. DURANTE EL ALMACENAMIENTO.

Luis Humberto López-Hernández[1]*, María Alejandra Pérez-Alvarado[1], Ericka Ramírez Rodríguez[1], Karla Itzel Alcalá Escamilla[1]*

[1]CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

*Autor para correspondencia: lopez.lhumberto@inifap.gob.mx; alcala.karla@inifap.gob.mx

Palabras clave: dietas, abejas, leguminosas.

Introducción

El desarrollo y evaluación de dietas para el mantenimiento de colonias de abejas *Apis mellifera* L. está en crecimiento. La apicultura se enfrenta a los estragos del cambio climático, como extensión de la temporada de sequía, altas temperaturas y reducción de las temporadas de floración, lo que obliga a hacer más eficiente la producción y mantenimiento de las colonias (Krishman S et al., 2020). Sin embargo, los productores tienen difícil acceso a alimentos comerciales, en muchos casos sin un respaldo científico y de alto costo, por lo que, ofrecerles alternativas que puedan preparar en su unidad de producción, podría ayudar en su productividad. Las leguminosas, son una fuente alta de proteína de bajo precio, por lo que su inclusión en dietas es factible, además de que pueden corregirse los valores de aminoácidos y energía (Marcin & Rekiel, 2020). Al tener una dieta compleja en el interior de la colmena, las condiciones internas de temperatura y humedad relativa pueden ser propicias para el desarrollo microbiano y, por lo tanto, cambios fisicoquímicos, que podrían afectar la aceptabilidad por las abejas.

Objetivo

Determinar los cambios fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales en dietas para abejas *Apis mellifera L.*, en un almacenamiento bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa durante 14 días.

Materiales y métodos

A partir de 5 dietas experimentales, Control) dieta a base de polen y jarabe de azúcar; DL) dieta a base de lenteja; DL+AA) dieta a base de lenteja corregida en aminoácidos; DF) dieta a base de frijol; DF+AA) dieta a base de frijol corregida en aminoácidos. Se prepararon tres lotes de cada dieta de 1.5 kg cada uno, de cada lote se obtuvieron 6 porciones de 200 g, cada porción fue colocada en una bolsa de polipapel de alta densidad de 18x16 cm. Las muestras fueron colocadas en una incubadora con un día de acondicionamiento previo a 36.7°C y una HR de 67%, de manera que todas las dietas se encontraran distribuidas uniformemente en el área de la incubadora. Las muestras se almacenaron por 14 días, con muestreos aleatorios cada 7 días (0, 7 y 14). En cada muestra se evaluó el color (escala CIELab*), pH en solución 1:9, conteo de microorganismos (cuenta total de mesófilos (CTM), hongos y levaduras (HYL), bacterias lácticas (BAL) y coliformes totales (COT)) y oxidación lipídica por la técnica de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). El análisis sensorial se realizó con 5 jueces semientrenados, que usaron una escala continua de 10 cm, donde 0 representaba la carencia del atributo y 10 la mayor calificación del atributo. Adicionalmente, se determinó el contenido de glucósidos cianogénicos, fitatos e inhibidores de tripsina como un criterio de control de factores antinutricios (Alcázar-Valle et al., 2020). Los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar con 5 tratamientos, se realizaron ANOVA y One-Way-ANOVA Kruskal-Wallis mediante el programa Jamovi 2.2.3 (Sydney, Australia). Los resultados se muestran como la media marginal y el error estándar de la media.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran los resultados sobre el desarrollo microbiano durante el almacenamiento. Existen diferencias estadísticas entre el tipo de dieta, resaltando el mayor conteo de CTM por arriba de 8 Log10 en la dieta Control y en las otras dietas en más de 11 Log10, esta carga elevada podría estar asociada al alto contenido de levaduras (de 7 a 10 Log10) aportado por el ingrediente azúcar en forma de jarabe. En este sentido, el conteo de BAL también resultó mayor en las dietas con leguminosas, de 3 a 5.5 Log10, donde la dieta Control, que incluía polen, tuvo en menor conteo <1 Log10, posiblemente asociado a la naturaleza del alto contenido de polifenoles que tuvieron un efecto antimicrobiano (Alcázar-Valle et al., 2020; Aylanc et al., 2021). Lo anterior, se observó también en el conteo COT, encontrándose entre 2 y 3

Log10 para las dietas con leguminosas y < 1 Log10 en la dieta control, resaltando nuevamente el efecto antimicrobiano y preservante del polen. El conteo de COT pudo deberse al uso de agua de la red pública o bien a una contaminación cruzada en algún momento del procesamiento. Durante el almacenamiento, las BAL disminuyen al día 14 a < 1 Log10, mientras que los COT desde el día 7. Sin embargo, los hongos y levaduras se incrementan al día 14 a > 10 Log10.

Cuadro 1. Cambios microbiológicos durante el almacenamiento de dietas a base de leguminosas para abejas *Apis melllifera L.*

	Control	DL	DL+AA	DF	DF+AA	EEM[1]	Dietas	Tiempo[2]	Di×Ti
Mesófilos totales	8.45	10.41	11.22	10.50	10.25	0.533	0.02	0.19	0.88
Bacterias lácticas	0.64	5.52	5.20	5.16	3.24	0.568	<0.01	<0.01	<0.01
Hongos y levaduras	7.28	10.55	10.09	10.30	10.32	0.308	<0.01	<0.01	0.64
Coliformes totales	0.73	3.13	3.10	2.24	2.25	0.591	0.05	<0.01	0.12

[1] Error estándar de la media. n=18. [2] Los tiempos de muestreo fueron (0, 7 y 14).

En el Cuadro 2, se muestran los cambios fisicoquímicos, donde se observa que la dieta de Control tiene un valor muy ácido (4.57), mientras que las dietas con leguminosas, tienen pH's muy cercanos entre sí, alrededor de 6.00. En adición, el pH en las dietas de leguminosas, disminuye conforme pasan los días, mientras que en la dieta Control, el valor fue constante (4.60 a 4.51). En lo que respecta al color medido con colorímetro, las dietas con lenteja, son muy similares (L*, a* y b*) al color de la dieta Control, pero diferentes de la dieta con frijol. Las dietas con frijol son más luminosas, hasta por 7 puntos más, también los tonos rojos (a*) y amarillos (b*) son mayores en las dietas con frijol, por más de 3 y 6 puntos, respectivamente. Tanto la Luminosidad (L*) como a*, disminuyen al día 14, mientras que en b* el mayor valor es al día 7. La oxidación lipídica por TBARS, se encuentra con valores por debajo de 1 mg MDA/kg, valor considerado límite en alimentos con alto contenido de grasa, resaltando que las dietas tuvieron entre 10 y 14% de grasa añadida a partir de aceite de canola (dietas no mostradas). Se debe considerar que los aceites para consumo humano, tienen cierta dosificación de antioxidantes que reduce el deterioro oxidativo, y que, además, 36 °C de temperatura podría no haber sido una temperatura de riesgo oxidativo. Si bien, las dietas con leguminosas tendieron a oxidarse más que la Control, en el tiempo se observa un comportamiento lineal aún creciente (d1 = 0.29, d7 = 0.57 y d14 = 0.75 mg MDA/kg, EEM = 0.02), lo que indica que las reacciones de iniciación y propagación oxidativa, no han cesado por completo.

Cuadro 2. Cambios fisicoquímicos durante el almacenamiento de dietas a base de leguminosas para abejas *Apis melllifera* L.

	Control	DL	DL+AA	DF	DF+AA	EEM[1]	Dietas	Tiempo[2]	Di×Ti
pH	4.57	5.72	6.02	6.19	6.05	0.035	<0.01	<0.01	<0.01
Color									
L*	74.6	74.4	74.6	81.3	81.8	0.208	<0.01	<0.01	<0.01
a*	7.33	5.38	5.21	8.84	9.28	0.116	<0.01	<0.01	<0.01
b*	14.7	13.3	13.0	19.5	20.3	0.161	<0.01	<0.01	<0.01
Oxidación lipídica									
TBARS, mg MDA/kg	0.22	0.75	0.71	0.60	0.43	0.027	<0.01	<0.01	<0.01

[1] Error estándar de la media. n=18. [2] Los tiempos de muestreo fueron (0, 7 y 14).

En la evaluación sensorial (Figura 1), se puede notar, que las dietas con lenteja, tendieron a ser más grumosas desde el día 7 de almacenamiento, perdiendo la integridad de una "masa o torta", asociada a una pérdida de apariencia húmeda y de aparente reducción del olor característico inicial, tendiendo a un olor de fermentación. Las dietas con frijol mantuvieron su integridad (grumosidad inicial) y apariencia húmeda con mejor calificación que las dietas con lenteja, pero fue más susceptible al desarrollo de hongos filamentosos en su superficie. No se puede establecer la posible contaminación cruzada que haya dado origen. No se muestran los resultados de los factores antinutricios, ya que el valor del ingrediente fue bajo, y al diluirse en la dieta disminuyó considerablemente en más del 50%. Para fitatos, en dieta de frijol se redujo a un 63% y con lenteja a un 45%. Los glucósidos cianogénicos, se redujeron en la dieta en 49% para frijol y 58% en lenteja. Mientras que los inhibidores de tripsina no fueron detectables en la cuantificación en dietas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por diversos investigadores (Alcázar-Valle et al., 2020), donde el proceso de remojado y térmico, convencionales son suficientes para reducir estos factores antinutricios (Muzquiz et al., 2012).

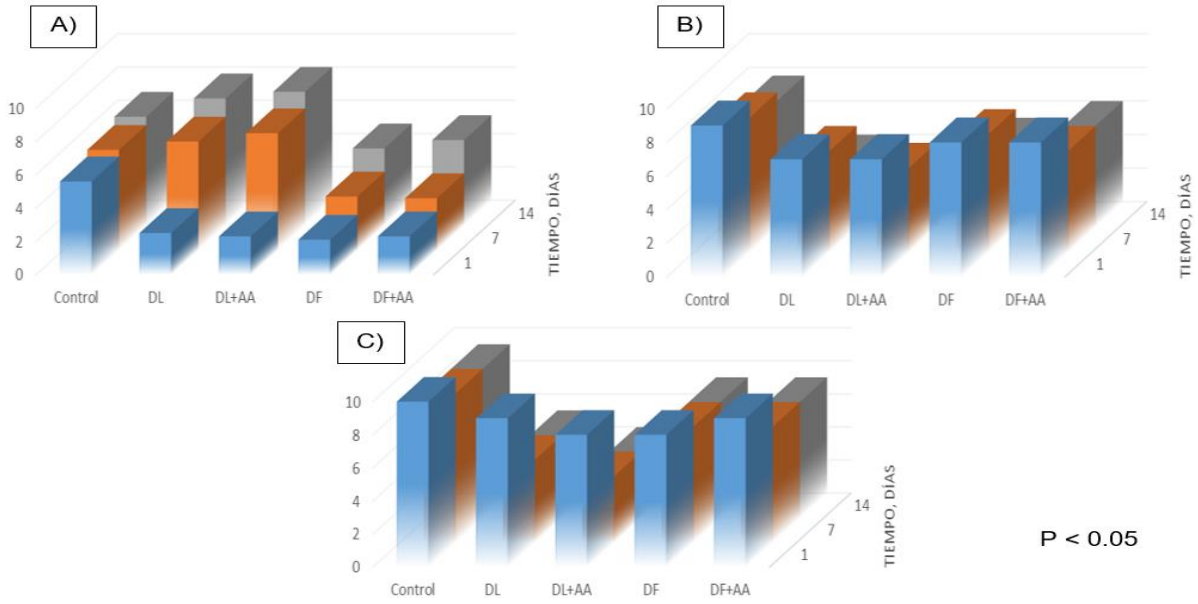


Figura 1. Evaluación subjetiva de dietas con leguminosas para abejas *Apis melllifera* L., almacenadas hasta 14 días a 36.7°C y HR 67%: A) Grumosidad, B) apariencia húmeda, C) olor característico. P<0.05, χ^2.

Conclusiones

Es factible el uso de dietas a base de leguminosas al interior de una colmena, sin embargo, es necesario considerar que habrá un alto contenido de levaduras al usar jarabe de azúcar como ingrediente en las dietas, y que la calidad del agua también influirá en el jarabe al incorporar coliformes. Añadir entre 10 y 14% de aceite de canola a las dietas de leguminosas, no afecta la estabilidad oxidativa, posiblemente los polifenoles en las leguminosas jueguen un papel antioxidante. Es necesario corregir el contenido de agua en las dietas con lenteja, debido a que pierden su integridad física a los 7 días de almacenamiento, manteniendo su olor característico.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el proyecto fiscal: Uso de leguminosas en la elaboración de alimento para abejas *Apis mellifera* L. y su efecto en el desarrollo de la colonia, sanidad y producción de miel, con número SIGI: 13473336433.

Referencias bibliográficas.

1. Alcázar-Valle, M., Lugo-Cervantes, E., Mojica, L., Morales-Hernández, N., Reyes-Ramírez, H., Enríquez-Vara, J. N., & García-Morales, S. (2020). Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and Antinutritional Content of Legumes: A Comparison between Four Phaseolus Species. *Molecules*, *25*(15), 3528. https://doi.org/10.3390/molecules25153528
2. Aylanc, V., Falcão, S. I., Ertosun, S., & Vilas-Boas, M. (2021). From the hive to the table: Nutrition value, digestibility and bioavailability of the dietary phytochemicals present in the bee pollen and bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, *109*, 464–481. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.042
3. Krishman S, GG, W., D, B., & Wertz-Kanounnikoff, C. (2020). The pollination services of forests. In *The pollination services of forests*. FAO and Bioversity International. https://doi.org/10.4060/ca9433en
4. Marcin, S., & Rekiel, A. (2020). Legumes - use for nutritional and feeding purposes. *Journal of Elementology*, *3/2020*. https://doi.org/10.5601/jelem.2020.25.1.1953
5. Muzquiz, M., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M. M. (2012). Bioactive compounds in legumes: pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health. *Phytochemistry Reviews*, *11*(2–3), 227–244. https://doi.org/10.1007/s11101-012-9233-

CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LA PLANICIE COSTERA DEL CENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ.

Maribel Montero-Lagunes[1*], Francisco Indalecio Juárez-Lagunes[2], Jaime Rangel-Quintos[1], Laura Hernández-Andrade[3]

[1]Campo Experimental La Posta, CIRGOC-INIFAP, [2]FMVZ-UV, [3]CENID-SAI, INIFAP

*Autor para correspondencia: montero.maribel@inifap.gob.mx

Palabras clave: quesos artesanales, calidad higiénico-sanitaria.

Introducción

Veracruz se posiciona como el sexto productor de leche a nivel nacional, alcanzando un volumen de 807 millones de litros (SIAP 2023). Se estima que más del 56% de esta producción se destina a la elaboración de quesos, distribuyéndose un 25 % a empresas industriales y un 75 % a la producción artesanal en pequeña escala (GAIN Report 2022). En la planicie costera de la zona central de Veracruz, los productores de queso artesanal acopian aproximadamente el 70 % de la leche, lo que subraya la significativa importancia socioeconómica de este sector en la cadena láctea veracruzana. Esta relevancia se debe a la demanda constante de los consumidores, influenciada por una arraigada cultura culinaria y preferencias regionales. A pesar de los riesgos sanitarios inherentes, la elaboración de quesos artesanales se realiza comúnmente con leche cruda sin pasteurizar y con un nivel tecnológico limitado (Figueroa- Rodríguez *et. al.,* 2012). Si bien la calidad de los procesos en términos de higiene y cumplimiento normativo no ha sido extensamente documentada, algunos estudios han analizado la calidad del producto final. Estos han identificado la presencia de patógenos como *Brucella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli O157:H7* y *Salmonella* en quesos, sin determinar su origen. La Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 establece los lineamientos para el desarrollo, fabricación y especificaciones sanitarias y nutricionales de la leche, productos lácteos y sus derivados. La pasteurización es una medida clave dentro de esta normativa y, a primera vista, se presenta como una solución al problema de los riesgos sanitarios. Sin embargo, los productores de queso artesanal muestran reticencia a adoptar este proceso debido a los altos costos que implica. Adicionalmente, los atributos sensoriales distintivos de los quesos no pasteurizados, como sus aromas y sabores, están ligados a microorganismos específicos presentes en la leche cruda. Ante esta situación, la obligación recae en procesar leche cruda obtenida de manera limpia e inocua, y, de igual forma, producir quesos bajo condiciones higiénicas estrictas. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue identificar los puntos críticos en la cadena de producción de queso fresco artesanal en la zona central de Veracruz.

Material y métodos

La zona de estudio abarcó la región central de Veracruz, incluyendo los municipios de Tlalixcoyan, Ignacio de la Llave, Medellín de Bravo y Cotaxtla, localidades que destacan por su significativa producción y demanda de quesos en el estado. Utilizando el enfoque de Sistemas Agroalimentarios Locales (SIAL), se realizó una encuesta a 42 queserías (Q) mediante un muestreo no probabilístico discrecional para identificar y caracterizar los procesos de producción, recolección y transformación de la leche. A través de la colaboración con Q participantes, se interactuó directamente con el personal encargado de las operaciones unitarias y la logística. Se aplicó una metodología de observación participante durante los recorridos de recolección de leche para documentar: tiempos, distancias, equipos, vehículos, personal, métodos de conservación, manipulación de la materia prima y las condiciones de entrega y recepción en las Q. Posteriormente, se identificaron productores que suministran leche a las Q encuestadas, seleccionándolos por un muestreo no probabilístico por conveniencia. A estos productores (72) se les aplicó un cuestionario estructurado que abordaba aspectos relacionados con el manejo del ordeño, la alimentación del ganado, la sanidad y sus características socioeconómicas. Para complementar la caracterización de la rutina de ordeño, también se realizó observación participante y levantamiento de procesos mediante visitas seriadas a los sitios de producción. Para el análisis de la información se utilizó estadística descriptiva y distribución de frecuencias

.

Resultados y discusión

Como resultado de la encuesta y la observación participativa en la producción primaria, se construyó el Cuadro 1. Éste, resume solo los puntos críticos en los que, el 100 % de los productores incumple las buenas prácticas de producción pecuaria sobre el manejo del hato y las buenas prácticas de higiene en la rutina de ordeño de acuerdo con la NOM 251-SSA1-2009 de las cuales pueden existir peligros de contaminación bacteriana de la leche. Para cada punto, se proponen las siguientes recomendaciones: 1) Capacitación a productores en programas de vacunación y su importancia, además de programas de gobierno en apoyo a productores para certificación de hatos libres. 2) Prohibir la alimentación de la vaca lechera con pollinaza y capacitación a productores en alimentación, nutrición y conservación de forrajes. 3) Tratar el agua de acuerdo con la NOM 127-SSA1-1994. 4) Sitios adecuados para brindar bienestar animal, facilite el mantenimiento y limpieza de las instalaciones de ordeño 5). Poner trampas ecológicas para la mosca. 6), Orden en el ordeño, primero vacas sanas y de menor edad, y no mezclar la leche de vacas sanas, enfermas o en tratamiento farmacológico.7) Realizar limpieza y desinfección de pezones antes del ordeño. 8) Realizar despunte en tazón de fondo negro (antes del ordeño) y prueba de california (cada 30 días) para detección de Mastitis. 9) Colocar la leche recién ordeñada en contenedores de acero inoxidable previamente desinfectados, con tapa y al abrigo del sol.

Cuadro 1. Puntos críticos en la producción primaria de leche en el trópico

1.No se llevan los esquemas de vacunación contra brucella y tuberculosis y otras enfermedades virales de importancia.
2. En la época de estiaje, por la falta de prácticas de conservación de forrajes alimentan a las vacas lecheras con pollinaza, y su almacenamiento lo realizan en los sitios de ordeño, provocando la proliferación de plagas y contaminación. A la vez se reportan muchas muertes de vacas por la misma razón año con año.
3. Uso de agua no potable o tratada y falta de higiene en los tanques de almacenamiento.
4. Instalaciones rústicas, que, en época de lluvias, el lodo dificulta la movilidad de las vacas.
5. Mosca en el entorno del ordeño, que molestan a las vacas y contaminan la leche
6. Las vacas se ordeñan en desorden, sin considerar si están sanas o enfermas que pueden contagiar a otras, y la leche de vacas en tratamiento es mezclada.
7. No se realiza higiene y desinfección de pezones antes del ordeño
8. No se realiza la prueba de california para detección de Mastitis ni su control.
9. Leche caliente hasta su recolección

Una vez obtenida la leche que es destinada a la producción de quesos, esta permanece cerca del corral de ordeño o es llevada al punto de recolección hasta la llegada del vehículo que la transportará a la Q, (siguiente eslabón de la cadena) cuyo tiempo de recorrido varía entre 1h (24 %) hasta 6 h(3 % para llegar a la planta procesadora (Figura 1), sin sistemas de refrigeración (100 %), causando que en las rutas de mayor tiempo de recorrido se utilicen hielo en barra (19 %), bolsas de hielo (31 %) y conservadores no autorizados por la NOM 243-SSA1-2010, como dióxido de cloro (31 %) y perborato de sodio (40 %) adicionados antes de salir a las rutas de recolección.

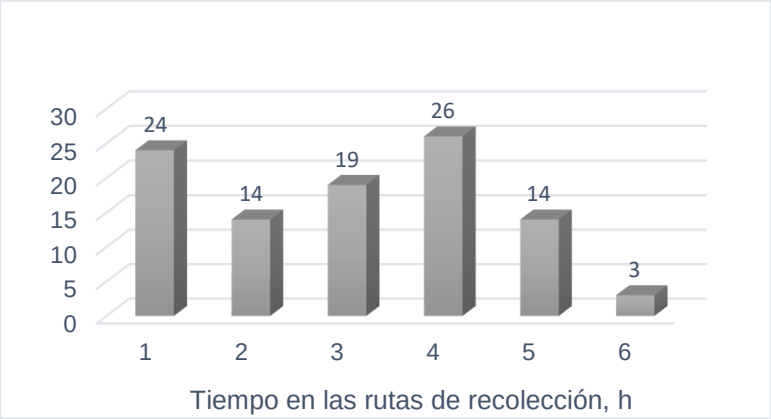


Figura 1. Porcentaje de queserías y tiempo en horas en el proceso de recolección de la leche.

Al llegar a la planta procesadora, la leche es filtrada con telas de algodón reutilizables sobre las tinas de acero inoxidable (59 %) y el resto en tambos de plástico de 200 L. El 45 % de los procesadores encuestados en estas localidades tiene acceso a agua potable, ya que sus unidades de producción se encuentran en el área urbana. Cabe mencionar que el 100 % no pasteuriza, no realiza pruebas de calidad fisicoquímicas, higiénicas ni sanitarias. El 5 % realiza el descremado total de la leche sustituyendo por grasa vegetal y el 22 % descrema parcialmente, un 2.4 % procesa quesos análogos, comercializándolo en forma de queso rallado. Por otro lado, cuando la leche de vaca no es suficiente, recurren a la compra de leche descremada en polvo (38 %).

Conclusiones

Los puntos críticos de la cadena de la industria láctea artesanal en la planicie costera del estado de Veracruz no cuentan con controles de calidad desde la producción primaria, el transporte, la recepción y el procesamiento de la leche. Por lo que el primer desafío es capacitar al relevo generacional que adoptará las buenas prácticas en cada eslabón de la cadena. Concientizar al consumidor particularmente al que alimenta a infantes de los riesgos para la salud de consumir derivados lácteos contaminados. Proponer alternativas a la pasteurización que sea viables para la producción de derivados lácteos artesanales que cumplan con la normatividad mexicana.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias el financiamiento de este trabajo, que forma parte del proyecto denominado: Caracterización de puntos críticos sanitarios para la trazabilidad de la leche y queso tropicales de bovinos doble propósito

Referencias bibliográficas

1. Figueroa-Rodríguez K.A., Figueroa-Sandoval B., Hernández-Rosas F. 2012. Estudio exploratorio del nivel de producción e inocuidad en empresas lácteas del estado de Veracruz, México. Revista Científica, FCV-Luz / Vol. XXII, Nº 5, 451 – 458.
2. GAIN Report USDA-FAS, junio /22. https://adobe acrobat.app.links 1Mhhs4 GmNsxb. https://gain.fas.usda.gov/#/home
3. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Panorama agroalimentario 2023. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035 [consultado el 6 de junio de 2025]

SECCIÓN 6
Mejoramiento y recursos genéticos



“NACER Y CRECER” / *Karina Mora Ramírez*

EL MODELO WOOD MODIFICADO PERMITE ESTIMAR EL PESO VIVO DE LOS OVINOS A PARTIR DEL PERIMETRO TORÁCICO.

Rafael Julio Macedo-Barragán[1*], Victalina Arredondo-Ruiz[2*], Carlos Urban Haubi-Segura[3], Paola Estefanía Castillo-Zamora[4]

[1]FCBA – Universidad de Colima; [2]FMVZ – Universidad de Colima; [3]DCV – Universidad Autónoma de Aguascalientes

*Autor para correspondencia: varredondo0@ucol.mx

Palabras clave: Gamma incompleta, perímetro torácico, peso vivo.

Introducción

El peso vivo es uno de los parámetros más importantes en la producción animal, ya que es indispensable para entre otras cosas calcular dosis de medicamentos, elaborar y evaluar programas de alimentación y determinar el momento óptimo de empadre, venta y sacrificio de los animales. Además, es importante establecer la relación entre el peso vivo de los animales y las medidas corporales para mejorar los programas de reproducción, determinar el potencial genético y establecer estándares raciales (Brown *et al*., 2015). El uso de básculas es el método más común para medir el peso vivo del ganado doméstico, sin embargo, para los pequeños productores su alto costo dificulta su adquisición por lo que, el desarrollo y uso de ecuaciones de predicción del peso a partir de medidas corporales es una alternativa viable para lograr este fin (Castillo *et al*. (2022).

Entre los modelos matemáticos más utilizados para calcular el peso vivo de los animales a partir de medidas corporales se encuentran el lineal y el lineal múltiple, aunque recientemente, se han utilizado para este fin modelos no-lineales como el alométrico, exponencial, logístico, crecimiento en saturación, Brody, Gompertz, Von Bertalanffy y Wood (Castillo *et al*. (2022).

El modelo Wood es uno de los modelos paramétricos más utilizados para describir la curva de lactancia en distintas especies de ganado doméstico (Wood, 1967) y recientemente fue modificado por Macedo *et al*. (2021) para estimar el peso corporal de ovinos a partir de mediciones corporales. La modificación consistió en utilizar un signo positivo en el parámetro “c” que en el modelo original es negativo, ya que modela la tasa de disminución después del pico de producción en la curva de lactancia para que, la curva muestre una pendiente positiva, es decir, que el peso vivo se incremente conforme aumenta el perímetro torácico de los animales.

Objetivo

Determinar el peso vivo de ovejas Pelibuey a partir del perímetro torácico utilizando el modelo Wood y el modelo Wood modificado.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del presente estudio se analizó la información proveniente de una base de datos de 197 ovejas Pelibuey criadas en el estado de Colima que incluyó información sobre el peso vivo y el perímetro torácico. Las ovejas muestreadas contaban con una edad mayor a dos años (determinada por dentición) y cumplían con los estándares fenotípicos para la raza señalados por la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos.

Con la información se generaron ecuaciones de regresión no lineal para predecir el peso vivo de las ovejas a partir del perímetro torácico utilizando el modelo Wood $y = ax^{b}exp^{-cx}$ y el modelo Wood modificado $y = ax^{b}exp^{cx}$, donde y = peso vivo, x = perímetro torácico, a, b, and c = parámetros del modelo. La bondad de ajuste de los modelos se determinó por medio del coeficiente de determinación Pseudo R^2.

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra los pesos observados y las ecuaciones generadas con los modelos Wood (Pseudo R^2= 0.24) y Wood modificado (Pseudo R^2= 0.82) y en ellas es posible observar la falta de ajuste del modelo original.

.

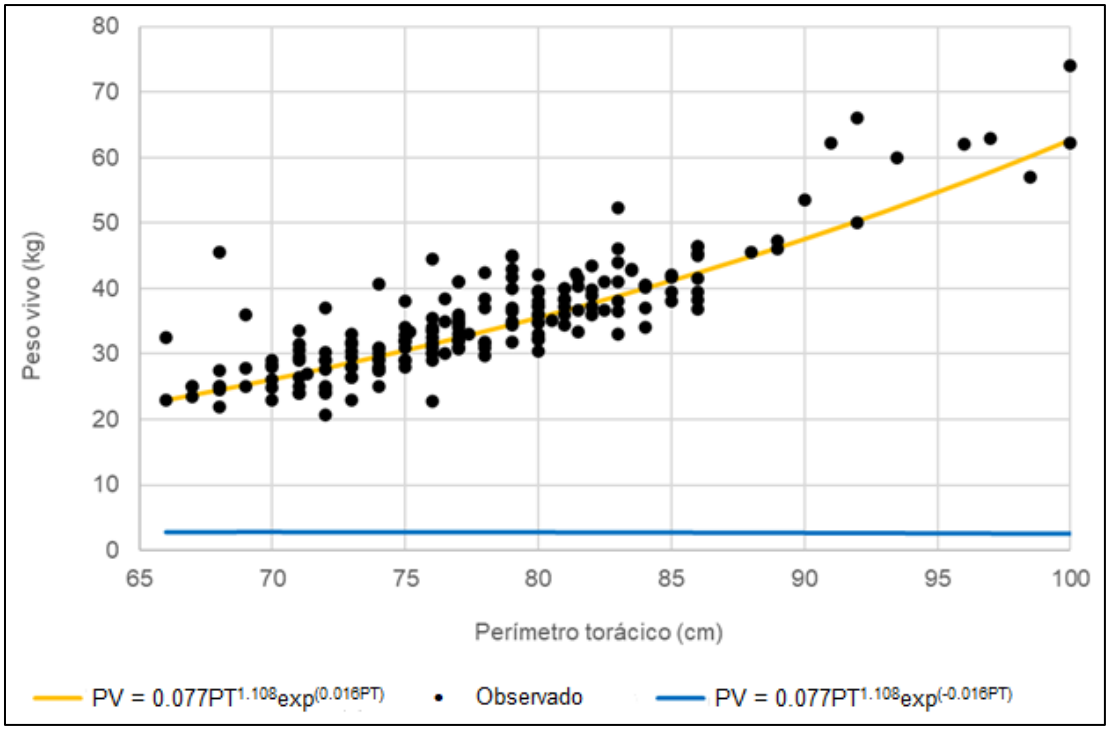


Figura 1. Relación entre el peso vivo y el perímetro torácico de ovejas Pelibuey según los modelos Wood (línea azul) y Wood modificado (línea amarilla).

Coincidiendo con los resultados de este estudio, Yağanoğlu (2022) desarrolló ecuaciones de predicción del peso vivo de ovinos Morkaraman a partir de medidas corporales y concluyó que el modelo Wood modificado mostró mejor ajuste que los modelos alométrico, logístico, crecimiento en saturación y exponencial cuando el tamaño de la muestra fue de 30 (R^2= 0.6724) y 50 animales (R^2= 0.8424) sin embargo, con tamaños de muestra de 10 y 20 animales su ajuste disminuyó significativamente.

Conclusiones

El modelo Wood modificado permite predecir el peso vivo de los ovinos a partir del perímetro torácico con una alta precisión.

Referencias bibliográficas

1. Brown, D. J., Savage, D. B., Hinch, G. N., & Hatcher, S. (2015). Monitoring liveweight in sheep is a valuable management strategy: A review of available technologies. Animal Production Science, 55: 427–436. https://doi.org/10.1071/AN13274
2. Castillo-Zamora, P., Macedo-Barragán, R., Arredondo-Ruiz, V., Haubi-Segura, C., & Valencia-Posadas, M. (2022). Characterization of growth of Socorro Island Merino lambs. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 38(3), 363-373.
3. Macedo-Barragán, R., Arredondo-Ruiz, V., Haubi-Segura, C., & Castillo-Zamora, P. (2021). *Tropical Animal Health and Production*, 53, 561.
4. Wood. P. D. P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216, 164-165.
5. Yağanoğlu, A. M. (2022). A comparative study of the nonlinear methods for estimating body weight based on body measurements in different sample sizes in Morkaraman sheep. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 28(2), 261-265.

.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE EN OVEJAS HÍBRIDAS DE LAS RAZAS AWASSI, EAST FRIESIAN Y LACAUNE EN UN REBAÑO COMERCIAL.

Ramón Evangelista-López[1], Emmanuel González-Domínguez[1], Manuel González-Ronquillo[1], Octavio Alonso Castelán-Ortega[1], Jorge Osorio-Avalos[1]*

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México.

* Autor para correspondencia: josorioa@uaemex.mx

Palabras clave: leche ovina, razas lecheras, conteo de células somáticas.

Introducción.
La crianza de ovinos lecheros en nuestro país debe ser fomentada, debido a que la leche de oveja ofrece una importante fuente de proteína de alto valor biológico, la cual puede ser consumida de diferentes formas gracias a los diversos procesos tecnológicos que se han desarrollado (Saltijeral y Córdova, 2019). La industria de leche ovina en México está cobrando importancia para la transformación en quesos y otros productos que hoy se comercializan exitosamente y solo algunas unidades de producción ubicados principalmente en los estados de Querétaro, Guanajuato, Puebla y México que son reconocidas por esta actividad (Ángeles et al., 2018). Hablar de calidad de la leche significa para el consumidor, hablar de productos de buena calidad y presentación, mientras para el ganadero es mayor producción al tener su rebaño sano y, por lo tanto, mayores ingresos por venta de la leche y su transformación. Es por ello igualmente importante la investigación en torno a los estándares de producción provenientes de leche de oveja de genotipos presentes en México, que coadyuvara a promover el mercadeo de los productos lácteos (principalmente en quesos) provenientes de esta especie. Derivado de ello, el objetivo del presente estudio fue encaminado a evaluar la producción y calidad de la leche (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y conteo de células somática) en ovejas hibridas con diferentes grados de sangre de las razas Awassi, East Friesian y Lacaune y en un rebaño comercial en el estado de Querétaro, México.

Materiales y métodos.
Material animal: Se utilizaron 668 muestras de leche de 96 ovejas multíparas híbridas de las razas Awassi (AW), East Friesian (EF) y Lacaune (LC): F1 EF + LC (n=110), F1 LC + AW (n=103), ¾ AW + ¼ EF (n= 94), ¾ EF + ¼ LC (n=166) y ¾ LC + ¼ EF (n=215), con un promedio de edad de 3.8 años. Las ovejas fueron alimentadas con una dieta a base de concentrado el cual incluye; maíz, canola, soya, salvado, calcio, sesquicarbonato, ortofosfato y minerales, mezclado con ensilado de maíz y malta de cebada. Las muestras fueron obtenidas por el periodo de lactación de 18 semanas (agosto-diciembre de 2024) en Rancho San Francisco, Estado de Querétaro. El control lechero consistió en la toma de muestras cada dos semanas.
Instalaciones y equipo de laboratorio: Las ovejas destetadas (60 días en promedio), fueron ordeñadas mecánicamente una vez/día en la sala (DeLaval), equipados con cilindros medidores de rendimientos de leche individuales. Se utilizó un analizador de leche Economilk Bond Total 40s para obtener los valores de porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y para el conteo de células somáticas (CCS) se utilizó un contador de células somáticas Ekomilk somatic cells analyzer Scan (logaritmo de base x 10^3).
Método: Se registró individualmente la producción y se obtuvieron muestras (2 frascos de 40 ml c/u) para los análisis de calidad de la leche, llevándose a cabo en la propia unidad de producción. Inmediatamente después del ordeño, los pezones fueron sumergidos en un baño para pezones a base de clorhexidina.
Edición de la información y análisis estadístico: La información fue integrada en una base de datos en excel. Además de obtener la estadística descriptiva de las variables estudiadas, la información fue analizada a través de un modelo mixto para estimar las medias mínimo-cuadráticas. El modelo incluyó factores ambientales: edad de la oveja, tipo de parto y sexo(s) de la cría(s) (no incluidos los resultados en este estudio). Los análisis se realizaron utilizando el software JMP® 17.0 from SAS. El modelo mixto fue:

$$Y_{ijklmn} = \mu + Gg_i + Ed_j + Tp_k + Sx_l + \beta_1(x_{ijklm} - \bar{x}) + \beta_2(X^2_{ijklm} - \bar{x}^2) + Id_m + e_{ijklm}$$

Donde: Y_{ijklmn} = Producción de leche, porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y CCS, edad de la oveja, tipo de parto y sexo de la cría. μ = Media general. Gg_i = Efecto fijo del i-ésimo nivel del factor tipo racial de la oveja, (n=5). Ed_j = Efecto fijo del j-ésimo nivel del factor edad de la oveja (n=6). Tp_k = Efecto

fijo del k-ésimo nivel del factor tipo de parto (n=2). Sx_l = Efecto fijo del l-ésimo nivel del factor sexo(s) de la cría(s) (n=5). $\beta_1(x_{ijklm} - \bar{X})$ = Coeficiente de regresión lineal de la covariable días de lactancia. $\beta_2(X^2_{ijklm} - \bar{X}^2)$ = Coeficiente de regresión cuadrático de la covariable días de lactancia. Id_m = Efecto aleatorio del n-ésimo nivel del factor de la oveja (efecto aditivo). e_{ijklm}= Residuo.

Resultados y discusión.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de los componentes de la leche en ovejas híbridas.

Variable	n	Media ± D.E	CV (%)
Kg leche	688	0.54 ± 0.33	60.74
% grasa	688	8.06 ± 2.10	25.99
% proteína	688	4.84 ± 1.27	26.17
% lactosa	664	6.85 ± 0.68	9.98
% sólidos totales	688	20.65 ± 2.95	14.29
CCS x 10^3	688	328.61 ± 426.55	129.80

Cuadro 2. Medias mínimo cuadráticas y error estándar de los componentes de la leche en ovejas híbridas Awassi, East Friesian y Lacaune.

Grupo genético	n	Kg leche	% grasa	% proteína	% lactosa	% sólidos totales	CCS x 10^3
F1 EF + LC	110	0.42 ± 0.06	8.09 ± 0.33	4.83 ± 0.22	5.81 ± 0.12	20.51 ± 0.48	370.85 ± 67.94
F1 LC + AW	103	0.51 ± 0.05	8.72 ± 0.32	4.93 ± 0.21	5.92 ± 0.12	21.50 ± 0.47	408.60 ± 66.39
3/4 AW + 1/4 EF	94	0.54 ± 0.06	8.56 ± 0.33	5.01 ± 0.22	5.93 ± 0.12	20.59 ± 0.50	320.21 ± 68.64
3/4 EF + 1/4 LC	166	0.47 ± 0.04	8.45 ± 0.27	5.14 ± 0.18	5.75 ± 0.10	20.53 ± 0.51	374.85 ± 55.55
3/4 LC + 1/4 EF	215	0.50 ± 0.05	8.23 ± 0.29	4.98 ± 0.19	5.87 ± 0.11	20.57 ± 0.52	296.61 ± 59.57
	Valor P	**0.26**	**0.29**	**0.65**	**0.54**	**0.30**	**0.32**

El cuadro 1 muestra la estadística descriptiva sobre la producción y la calidad de la leche en ovejas híbridas Awassi (AW), East Friesian (EF) y Lacaune (LC), resultados que generalmente se encuentran dentro de los valores citados por diferentes autores en países con tradición en la producción de ovejas lecheras (Pirisi et al., 2000; Nudda et al., 2002; Aydin et al., 2022), mientras que el cuadro 2 presenta los resultados obtenidos comparando los 5 grupos genéticos de ovejas híbridas Awassi, East Friesian y Lacaune para las variables estudiadas, indicando que estos grupos genéticos de ovejas híbridas presentaron un semejante grado de productividad y sanidad mamaria (P>0.05).

En Wisconsin EEUU, encontraron que no existieron diferencias estadísticas significativas entre grupos genéticos de ovejas lecheras > 3/4 East Friesian (EF) y 1/2 EF + 1/2 Lacaune para los componentes de la leche (Thomas et al., 2000). También Kuchtík et al. (2008) en Republica Checa realizaron un estudio en ovejas Friesian Oriental, donde los valores de sólidos totales encontrados fueron de 20.68%, resultados similares a los encontrados en nuestro estudio observando el 20.5% entre diferentes grupos genéticos estudiados. También en México (San Luis Potosí), se evaluaron las características físico-químicas de la leche de ovejas Rambouillet bajo manejo intensivo, encontrando diferentes valores del 16.03% de sólidos totales (Alfaro, 2001); quizá la diferencia sea debido a que nuestro estudio se realizó en ovejas de aptitud lechera, mientras el anterior estudio se hizo en una raza especializada en producción de carne y lana.

Referente al componente de proteína, nuestros los resultados obtenidos entre los diferentes grupos genéticos (cercano al 5%) son diferentes con respecto a un estudio realizado en España por Escolar (2016), encontrando que ovejas de la raza Guirra y Manchega contenía proteína con un 6.30 y 6.36%, respectivamente; esta diferencia quizá sea porque las ovejas Guirra es una raza autóctona no especializada de la Comunidad Valenciana, que se ha utilizado por muchos años para la producción de

leche para la elaboración de quesos tradicionales. Por otro lado, la raza Manchega es una de las razas lecheras que más representación tiene en España, que está destinada mayoritariamente a la elaboración de queso Manchego, producto amparado bajo la Denominación de Origen Protegido.
Destaca en este estudio los resultados del componente de la lactosa (cercanos al 6%), debido a que fueron más altos con respecto a los encontrados por Escolar (2016), reportando 4.9% para la raza Guirra y 4.8% para la raza Manchega (a las 7 semanas de lactación) y en México en ovejas Rambouillet, encontrando valores del 4.56% de lactosa (Alfaro, 2001). Quizá la diferencia sea debida a un efecto directo de heterosis de los grupos genéticos híbridos conformados por razas especializadas en producción de leche, así como a la correlación negativa entre la cantidad y la calidad de la leche.

Las ovejas en este estudio mostraron un buen estado de salud de la ubre, ya que de acuerdo a Ariznabarreta et al. (1999) menciona que un buen estado sanitario de la ubre (prevalencia de mastitis) es cuando el CCS se encuentra <500 x 10^3/ml, mostrando con ello que son genotipos adaptables generalmente a las condiciones medio ambientales. Para el CCS en sus diferentes grupos genéticos estudiados, no se encontraron diferencias estadísticas significativas (P>0.05), observándose valores de medias mínimo cuadráticas entre 296 a 408 x 10^3. Estos resultados fueron semejantes a un estudio en Eslovaquia (Tancin, 2017) en sistemas intensivos con ovejas 100% Lacaune, ovejas híbridas ¾ Lacaune + ¼ Tsigai y ovejas ¾ Lacaune + ¼ Valacian, que fueron semejantes en el CCS, encontrando en promedio de 480 x 10^3 (P>0.05), como también en España (De Olives et al., 2013) en un estudio con ovejas manchegas dentro de un centro experimental encontraron valores promedio de 427 x10^3.

Conclusiones.
Las ovejas híbridas Awassi, East Friesian y Lacaune, mostraron rendimientos productivos muy semejantes para los componentes y producción de leche, con aceptables valores y coincidiendo en su mayoría con autores que han estudiado sistemas de producción de ovejas lecheras en diversos países con una tradición en la producción ovina de leche, indicando que en México pueden ser unas buenas alternativas productivas en el desarrollo de la producción de leche de la región.

Agradecimientos.
A la unidad de producción “Rancho San Francisco” en el municipio de Colón, Estado de Querétaro, por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio. Asimismo, al Financiamiento otorgado por la Universidad Autónoma del Estado de México para la adquisición de material y equipo a través del Proyecto Productivo Clave de registro SIEA: 6973/2024SP: Evaluación de ovejas lecheras híbridas de las razas East Friesian, Lacaune y Awassi en un rebaño comercial, a través del uso del rendimiento y calidad de la leche como criterios para selección de reemplazos.

Referencias bibliográficas.
1. Ángeles-Hernández J.C., Guerrero-Loredo A., Solís-Guzmán D.A. Ramírez-Pérez A.H., Ángeles-Campos S., González-Ronquillo M. (2018). Efecto del grupo genético sobre características de la curva de lactación ovina. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. vol.5 no.14 Villahermosa ene/abr.
2. Aydın D., Mücahit K., Gülşah G., Besime D.D., Mustafa Ü.B. (2022). Milk yield and milk quality characteristics of Awassi sheep under semi-intensive conditions. J Adv VetBio Sci Tech, 2022, 7(1), 62-71.
3. Nudda, A., Bencini, R., Mijatovic, S., & Pulina, G. (2002). The yield and composition of milk in sarda, awassi, and merino sheep milked unilaterally at different frequencies. Journal of Dairy Science, 85(11), 2879–2884. https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(02)74375-0
4. Saltijeral J.A. y Córdova I. A. (2019). Perspectivas de la producción de leche de oveja en México. Perspectivas de la producción de leche de oveja en México. Borrego y Cabra. La Revista Borrego. Año 1, No. 01. Noviembre.
5. Thomas, L., Berger, M., McKusick, C., Gottfredson, G. 2000. Comparison of east friesian-crossbred and lacaune-crossbred ewe lambs for dairy sheep production. 1Department of Animal Sciences and 2Spooner Agricultural Research Station University of Wisconsin-Madison, Madison, Wisconsin, USA.Thomas, D. L., Berger, Y. M., & McKusick, B. C. 1998. Milk and lamb production of east friesian-cross ewes in Northwestern Wisconsin. https://www.researchgate.net/publication/237569825_MILK_AND_LAMB_PRODUCTION_OF_EAST_FRIESIAN-CROSS_EWES_IN_NORTHWESTERN_WISCONSIN

RESPUESTA DIRECTA Y CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN GENETICA PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN GANADO CHAROLAIS Y CHARBRAY EN MÉXICO.

*[1]Upalía-Orozco Rafael, [2]Vega-Murillo Vicente E., [1]Calderón-Chagoya René, [1]Montaño-Bermúdez Moisés, [3]Medina-Chapa José M.

[1]CENID FyMA, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. [3]Asociación Charolais Charbray Herd Book de México.

*Autor para correspondencia upalia.rafael@inifap.gob.mx

Palabras clave: ganado de carne, componentes de varianza, correlaciones genéticas.

Introducción

En el ganado de carne existe la necesidad de explorar posibles asociaciones entre características y determinar tanto la respuesta directa como la correlacionada a la selección, para poder evaluar la viabilidad de la selección indirecta de características conjuntas o la consecuencia de la selección de características individuales. El objetivo del presente trabajo fue estimar la respuesta directa y correlacionada a la selección genética para características de la canal en ganado Charolais y Charbray de registro en México.

Materiales y métodos

Se utilizó el pedigrí y mediciones ecográficas de la canal de 841 animales Charolais (N=791) y Charbray (N=50) de registro pertenecientes a la Asociación Charolais Charbray Herd Book de México, nacidos entre 2015 y 2022. Las características medidas incluyen el área del ojo del lomo (AOL; in^2), grasa de la cadera (GC; in), grasa dorsal (GD; in), porcentaje de grasa intramuscular (GI; %), grado de marmoleo (M) y grado de rendimiento (R). Todas las mediciones se realizaron en los ranchos de los criadores entre los 9 y 16 meses de edad, con un ultrasonido de tiempo real (Aloka SSD-500V). Las estimaciones de los componentes de (co)varianza se obtuvieron mediante el método de máxima verosimilitud restringida (REML), con modelos animal bivariados, utilizando el programa MTDFREML (Boldman et al., 1991). El modelo animal incluyó los efectos fijos de grupo contemporáneo y sexo, cómo covariables se incluyeron el porcentaje de genes Charolais, heterocigosis y pérdidas por recombinación y los efectos genéticos aditivos directos y residuales como efectos aleatorios (Van der Werf, 2002). La superioridad directa esperada (RDS) de hacer selección directa de machos para AOL, GC, GD, GI, M, R y la superioridad indirecta en la respuesta genética esperada correlacionada (RCS) de machos seleccionados para AOL-GC, AOL-GD, AOL-R, AOL-M, GC-GI, GD-GI, GD-M, M-GC, M-R, R-GD y R-GI. La respuesta a la selección (a una generación) fue calculada a partir de la selección de sementales basada en registros de su progenie de medios hermanos y la proporción de la superioridad de la selección indirecta a la selección directa (RSID) para machos se calcularon utilizando las fórmulas de Van Vleck et al. (1987).

$$RDS = \Delta A_1 = \left(\sqrt{\frac{P}{P + \frac{4 - h_x^2}{h_x^2}}}\right)(i)\left(\sqrt{h_x^2}\right)\sigma_{px}$$

$$RCS = \Delta A_2 = \left(\sqrt{\frac{P}{P + \frac{4 - h_x^2}{h_x^2}}}\right)(r_g)(i)\left(\sqrt{h_y^2}\right)\sigma_{p_y}$$

$$RS_{ID} = \frac{\Delta A_1}{\Delta A_2} = \frac{r_g \sqrt{\frac{{}_{c} P}{P^{c} + \frac{4 - h_x^2}{h_x^2}}}}{\sqrt{\frac{P}{P + \frac{4 - h_y^2}{}}}}$$

.

Resultados

Respuesta directa a la selección

La respuesta directa a la selección esperada fue mayor para AOL incrementando hasta 0.61 in^2 con 500 hijos, GI y M incrementaron hasta in 0.31% y 0.19 puntos respectivamente., R, GC y GD aumentaron 0.07 puntos, 0.03 y 0.01 in respectivamente.

Cuadro 1. Respuesta directa esperada a la selección (RDS) a partir de selección de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos para área del ojo del lomo (AOL, in^2), grasa de la cadera (GC, in), grasa dorsal (GD, in), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

Numero de progenie	RDS					
	AOL	GC	GD	GI	MAR	R
5	0.30	0.01	0.01	0.15	0.09	0.04
10	0.38	0.02	0.01	0.19	0.12	0.05
20	0.46	0.02	0.01	0.23	0.14	0.06
50	0.53	0.02	0.01	0.27	0.16	0.06
100	0.57	0.03	0.01	0.29	0.17	0.06
200	0.59	0.03	0.01	0.30	0.18	0.07
500	0.61	0.03	0.01	0.31	0.18	0.07

Respuesta correlacionada a la selección

Se calculó la respuesta correlacionada para GC, GD, R y M a partir de la selección para AOL, la respuesta para GI se calculó a partir de GC y GD, GC y R se calcularon a partir de la selección para M y por último GD a partir de R. La respuesta correlacionada esperada fue negativa para todas las características correlacionadas con AOL, aunque marginales con excepción de GI que fue de -0.14 con 500 hijos, GCGI presentó un valor de 0.16 con 500 hijos. Estos valores indican que la respuesta correlacionada es favorable entre características de grasa y rendimiento, pero es desfavorable para estas características cuando se correlacionan con AOL.

Cuadro 2. Respuesta correlacionada a la selección esperada (RCS) a partir de selección de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos (NP) para las correlaciones entre área del ojo del lomo (AOL, in^2), grasa de la cadera (GC, in), grasa dorsal (GD, in), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

	RCS									
NP	AOLGC	AOLGD	AOLR	AOLM	GCGI	GDGI	GDM	MGC	MR	RGD
5	-0.003	-0.002	-0.033	-0.026	0.088	0.063	0.032	0.006	0.016	0.007
10	-0.004	-0.003	-0.042	-0.033	0.109	0.083	0.042	0.007	0.020	0.009
20	-0.005	-0.003	-0.050	-0.040	0.129	0.103	0.052	0.009	0.024	0.011
50	-0.006	-0.004	-0.059	-0.047	0.147	0.125	0.063	0.010	0.028	0.012
100	-0.007	-0.004	-0.063	-0.050	0.155	0.137	0.069	0.011	0.030	0.012
200	-0.007	-0.004	-0.065	-0.052	0.160	0.144	0.072	0.011	0.031	0.013
500	-0.007	-0.005	-0.067	-0.053	0.163	0.149	0.075	0.011	0.032	0.013

Proporción de superioridad de la selección indirecta a la selección directa

Las correlaciones de GCGI, RGI y AOLGD presentaron proporciones altas de superioridad de 0.57, 0.61 y -0.38 con 5 hijos, pero disminuyeron y al alcanzar 500 hijos dando un resultado final de 0.53, 0.53 y -0.33 por ciento respectivamente, regresando a sus estimadores de correlaciones genéticas.

Cuadro 3. Proporción de la superioridad de la selección indirecta a la selección directa (RSID) a partir de selección de sementales con diferente número de progenie de medios hermanos (NP) para las correlaciones entre área del ojo del lomo (AOL, in2), grasa de la cadera (GC, in), grasa dorsal (GD, in), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

	RSID									
NP	AOLGC	AOLGD	AOLGI	AOLM	GCGI	GDGI	GDM	MGC	MR	RGI
5	-0.25	-0.38	-0.45	-0.28	0.57	0.41	0.34	0.41	0.44	0.61
10	-0.25	-0.37	-0.45	-0.28	0.56	0.43	0.35	0.41	0.45	0.59
20	-0.26	-0.36	-0.46	-0.28	0.55	0.44	0.37	0.42	0.45	0.57
50	-0.26	-0.35	-0.46	-0.29	0.54	0.46	0.38	0.42	0.46	0.55
100	-0.27	-0.34	-0.46	-0.29	0.54	0.47	0.39	0.43	0.47	0.54
200	-0.27	-0.34	-0.46	-0.29	0.53	0.48	0.40	0.43	0.47	0.54
500	-0.27	-0.33	-0.46	-0.29	0.53	0.49	0.41	0.43	0.47	0.53

Discusión

Respuesta directa y correlacionada a la selección

En ganado Hereford de engorda la respuesta correlacionada a la selección por peso al destete, peso al año o musculatura aumentó el área del ojo del lomo y espesor de grasa, pero redujo el marmoleo (Koch, 1978). Mientras que en ganado de diversos cruzamientos se presentaron respuestas correlacionadas positivas entre el porcentaje de grasa y espesor de grasa, el área del ojo del lomo siguió la respuesta del porcentaje de cortes minoritarios y hubo disminución en el marmoleo (Koch et al., 1982). La selección para la ganancia de peso y contra el espesor de grasa en los programas de registro mejorará el rendimiento magro de las canales cuando se evalúen a un peso constante.

Conclusión

La estimación de la respuesta correlacionada a la selección sugiere que la selección para aumentar AOL disminuirá en mayor medida la GD y GI de la canal, en contraste, la selección para incrementar GC y R afectará altamente a GI, volviendo a GC en una característica indicadora del incremento del marmoleo en esta población.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Asociación Charolais Charbray Herd Book de México por la información proporcionada para la realización del presente trabajo.

Referencias bibliográficas

1. Boldman, K.G. y Van Vleck, L.D. 1991. Derivative Free Restricted Maximum Likelihood Estimation in Animal Model with a Sparse Matrix Solver. J. Dairy Sci, v.74
2. Koch, R. M. 1978. Selection in beef cattle III. Correlated response of carcass traits to selection for weaning weight, yearling weight and muscling score in cattle. *Journal of Animal Science*, *47*(1), 142-150.
3. Koch, R. M., Cundiff, L. V., & Gregory, K. E. 1982. Heritabilities and genetic, environmental and phenotypic correlations of carcass traits in a population of diverse biological types and their implications in selection programs. *Journal of Animal Science*, *55*(6), 1319-1329.
4. Van der Werf, J. 2002. Mixed models for genetic analysis. *The attached file of ASReml User Guide. University of New England, Armidale, Australia*, 47-73.
5. Van Vleck L.D., Pollak E.J. y Oltenacu, E.A. 1987. Genetics for the animal sciences. WH freeman and Company.

ESTIMACIÓN DE PARAMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL MEDIDAS POR ULTRASONIDO EN GANADO CHAROLAIS Y CHARBRAY EN MÉXICO.

*[1]Upalía-Orozco Rafael, [1]Calderón-Chagoya René, [1]Montaño-Bermúdez Moisés, [2]Vega-Murillo Vicente E., [3]Medina-Chapa José M.

[1]CENID FyMA, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. [3]Asociación Charolais Charbray Herd Book de México.

*Autor para correspondencia: upalia.rafael@inifap.gob.mx

Palabras clave: ganado de registro, ultrasonido, evaluaciones genéticas.

Introducción

Los datos ecográficos se utilizan como indicadores en las evaluaciones genéticas del ganado bovino para determinar características de la canal económicamente relevantes. (Schmidt et al., 2020). Desarrollar índices de selección que se limiten a un par de rasgos de la canal los deja muy limitados, se deben tener en cuenta el rendimiento de cortes primarios, marmoleo y otras características importantes para seguir mejorando (Choi et al., 2015). Así pues, es esencial conocer con precisión la variación genética existente y sus bases genéticas si se planea la evaluación rutinaria de una población animal y la predicción de mejoras de estas características en ella. El objetivo del presente estudio fue estimar parámetros genéticos para características de la canal medidas por ultrasonido en ganado Charolais y Charbray de registro en México.

Materiales y métodos

Se utilizó el pedigrí y mediciones ecográficas de la canal de 841 animales Charolais (N=791) y Charbray (N=50) de registro pertenecientes a la Asociación Charolais Charbray Herd Book de México, nacidos entre 2015 y 2022. Las variables de respuesta utilizadas fueron el área del ojo del lomo (AOL; in^2), grasa de la cadera (GC; in), grasa dorsal (GD; in), porcentaje de grasa intramuscular (GI; %), grado de marmoleo (M) y grado de rendimiento (R). Todas las mediciones se realizaron en los ranchos de los criadores entre los 9 y 16 meses de edad, con un ultrasonido de tiempo real (Aloka SSD-500V). Las mediciones se ajustaron a los 365 días. Las estimaciones de los componentes de (co)varianza se obtuvieron mediante el método de máxima verosimilitud restringida (REML), con modelos animal bivariados, utilizando el programa MTDFREML (Boldman et al., 1991). El modelo animal incluyó los efectos fijos de grupo contemporáneo y sexo, cómo covariables se incluyeron el porcentaje de genes Charolais, heterocigosis y pérdidas por recombinación y los efectos genéticos aditivos directos y residuales como efectos aleatorios. La representación matricial de los modelos animal bivariados utilizados (Van der Werf, 2012) es:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{X}_1 & 0 \\ 0 & \mathrm{X}_2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathrm{Z}_1 & 0 \\ 0 & \mathrm{Z}_2 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Donde:

- ***y*** es el vector de observaciones,
- ***β*** es el vector de efectos fijos,
- ***a*** es un vector de efectos genéticos aditivos directos,
- ***e*** es un vector de errores aleatorios asociados a las observaciones, y
- ***X*** y ***Z*** son matrices de incidencia que relacionan las observaciones con β y a, respectivamente.

El primer y segundo momento se asumieron como:

$$E = \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \; y \; Var = \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathrm{G} \otimes \mathrm{A} & 0 \\ 0 & \mathrm{R} \otimes \mathrm{I} \end{bmatrix}; \; G = \begin{bmatrix} \sigma^2_{a1} & \sigma_{a1a2} \\ \sigma_{a2a1} & \sigma^2_{a2} \end{bmatrix} \; y \; R = \begin{bmatrix} \sigma^2_{e1} & \sigma_{e1e2} \\ \sigma_{e2e1} & \sigma^2_{e2} \end{bmatrix}$$

Donde:

- $\boldsymbol{G}$ es la matriz de varianzas y covarianzas,
- $\otimes$: es el producto directo del operador o producto de Kroenecker,
- $\boldsymbol{A}$ es una matriz de relaciones genéticas entre todos los individuos,
- $\boldsymbol{R}$ es una matriz residual de varianzas y covarianzas e
- $\boldsymbol{I}$ es una matriz identidad de tamaño igual al número de animales con registros.

Adicionalmente σ^2_{a1} y σ^2_{a2} son las varianzas aditivas de los efectos genéticos para las características 1 y 2 y respectivamente σ_{a1a2} y σ_{a2a1} son las covarianzas genéticas entre las características 1 y 2 respectivamente, de igual manera σ^2_{a1} y σ^2_{a2} son las varianzas aditivas de los efectos residuales para las características 1 y 2 y respectivamente σ_{a1a2} y σ_{a2a1} son las covarianzas residuales entre las características 1 y 2 respectivamente.

Resultados

Componentes de varianza

Las características que presentaron mayor varianza fenotípica fueron AOL y GI, mientras que las que presentaron menor varianza fenotípica fueron GD y GC.

Cuadro 1. Valores estimados de los componentes de varianza aditiva (σ^2_a), varianza del error (σ^2_e) y varianza fenotípica (σ^2_f), para área del ojo del lomo (AOL, in²), grasa de la cadera (GC, in), grasa dorsal (GD, in), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

varianza	AOL	GC	GD	GI	M	R
σ^2_a	0.39	0.001	0.000	0.10	0.03	0.01
σ^2_e	1.27	0.002	0.001	0.31	0.11	0.01
σ^2_f	1.65	0.002	0.001	0.40	0.14	0.01

Heredabilidad

AOL presento una heredabilidad moderada junto con GI y M, GD fue baja, GC fue la más alta junto con R.

Cuadro 2. Valores estimados de la heredabilidad (h^2) y varianza residual (e^2) para área del ojo del lomo (AOL, in²), grasa de la cadera (GC, in), grasa dorsal (GD, in), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

	AOL	GC	GD	GI	M	R
h^2	0.23 ± 0.09	0.39 ± 0.12	0.16 ± 0.10	0.24 ± 0.14	0.25 ± 0.13	0.35 ± 0.10
e^2	0.77 ± 0.09	0.61 ± 0.12	0.84 ± 0.10	0.76 ± 0.14	0.75 ± 0.13	0.65 ± 0.10

Correlaciones genéticas

AOL presento correlaciones negativas con las demás características lo que sugiere asociaciones desfavorables de AOL con GI y M, pero también una asociación deseable entre AOL con GD y R. Las correlaciones de GC con GI y M indican una asociación favorable de GC con ambas características, las correlaciones de R fueron atípicamente altas con el resto de las características.

Cuadro 3. Valores estimados de las correlaciones genéticas entre área del ojo del lomo (AOL, in2), grasa de la cadera (GC, in), grasa dorsal (GD, in), grasa intramuscular (GI, %), marmoleo (M) y rendimiento (R).

Característica	GC	GD	GI	M	R
AOL	-0.27±0.25	-0.33±0.36	-0.46±0.63	-0.29±0.57	-1.00±1.05
GC		1.00±0.84	0.53±0.62	0.43±0.43	1.00±0.43
GD			0.49±0.70	0.41±0.53	0.93±1.67
GI				1.00±1.17	0.53±1.26
M					0.47±0.80

Discusión

Schmidt et al. (2020) utilizando información ecográfica de la canal de asociaciones de estados unidos obtuvieron estimadores de heredabilidad de (0.38) (0.43) (0.55) en Angus, (0.34) (0.29) (0.42) en Hereford y (0.50) (0.45) (0.54) en Simmental para AOL, GD y GI respectivamente, valores más altos que los estimados en este estudio debido a la selección y el tamaño de muestra. En otro trabajo y de manera similar a este estudio se detectó una correlación negativa entre AOL y GD (-0.30), pero una positiva y deseable entre AOL y M (0.25) estimadas a partir de información de machos Hanwoo finalizados en corral (Choi et al., 2015). En ganado Canchim (Charolais x Indubrasil) se obtuvieron estimadores de heredabilidad similares a este estudio de (0.35) para AOL y (0.20) para GD, pero en contraste una correlación positiva de 0.27 entre AOL y GD (Pires et al., 2017).

Conclusión

Se encontró varianza aditiva en las estimaciones de todas las características, únicamente GD mostró valores muy bajos, por lo que los efectos ambientales tendrán más peso en esta característica. Las correlaciones genéticas sugieren que seleccionar para AOL reflejará disminuciones en las demás características, siendo un indicador del desarrollo de la carne magra en canal, en contraste, la selección para incrementar GC afectará altamente a GI y M por lo que se le puede considerar como una característica indicadora de la deposición de grasa en animales jóvenes.

Reconocimiento

Los autores agradecen a la Asociación Charolais Charbray Herd Book de México por la información proporcionada para la realización del presente trabajo.

Referencias bibliográficas

1. Boldman, K. G., y van Vleck, L. D. 1991. Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood Estimation in Animal Models with a Sparse Matrix Solver. Journal of Dairy Science, 74(12), 4337–4343. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78629-3
2. Choi T.J., Alam M., Cho C.I., Lee J.G., Park B., Kim S., Koo Y. y Roh S.H. 2015. Genetic parameters for yearling weight, carcass traits, and primal-cut yields of Hanwoo cattle. Journal of Animal Science, 93:1511–1521. https://doi.org/10.2527/jas.2014-7953
3. Pires, B. C., Tholon, P., Buzanskas, M. E., Sbardella, A. P., Rosa, J. O., Campos Da Silva, L. O., Torres, R. A. D. A., Munari, D. P., y Mello De Alencar, M. 2017. Genetic analyses on bodyweight, reproductive, and carcass traits in composite beef cattle. Animal Production Science, 57(3), 415–421. https://doi.org/10.1071/AN15458
4. Schmidt, B. M., Gonda, M. G., & MacNeil, M. D. 2020. Partitioning variation in measurements of beef carcass traits using ultrasound. Translational Animal Science, 4(3), 1–10. https://doi.org/10.1093/tas/txaa162
5. Van der Werf J. 2012. Mixed models for genetic analysis. VSN International Ltd.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE APLICADOS COMO CRITERIOS DE SELECCIÓN EN OVEJAS LECHERAS.

Edson Valle-Rivera[1], Manuel González-Ronquillo[1], Jorge Osorio-Avalos[1]*

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México.

* Autor para correspondencia: josorioa@uaemex.mx

Palabras clave: modelo mixto, componentes de la leche ovina, índice de selección.

Introducción.
La selección es la práctica en determinar qué individuo(s) se convertirán en los siguientes progenitores. La selección es el método principal para mejorar el valor genético (VG) de la próxima generación (Falconer y Mackay, 2001) y resulta entonces de una selección consistente de uno o más rasgos dentro de la raza elegida (Lynch y Walsh, 2002). Seleccionar como se ha citado anteriormente, equivale a utilizar los "mejores" individuos como padres. Existen diferentes métodos para seleccionar a los mejores animales en las unidades de producción (UP). Los registros son herramientas físicas y digitales que almacenan datos de la UP (Peña, 2022). Es de suma importancia llevar el registro del nivel productivo y genealógico de cada animal, pues permitirá disponer de información para poder actuar en la gestión productiva permitiendo obtener reemplazos de aquellas crías de las mejores ovejas del rebaño, que implica mejorar la productividad (Ruiz, 2000). Los modelos mixtos (MM) son usados para describir e interpretar datos que modelan la estructura de varianza más poderosa e importante (efectos fijos y aleatorios) (Littell et al., 2000). El estudio tiene como objetivo seleccionar a las mejores ovejas lecheras con mejores valores genéticos (VG) de un rebaño comercial, obteniendo un índices de selección a través de información de los registros de rendimiento de la producción y calidad de la leche: porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y conteo de células somáticas (criterios de selección de importancia económica) a través de la aplicación de un modelo mixto, permitiendo identificar aquellas crías hembras como futuros reemplazos de aquellas ovejas que indiquen mejores VG, esperando que las crías hijas de ovejas seleccionadas hereden caracteres que mejoren el rendimiento quesero.

Materiales y métodos.
Material animal: Se utilizaron 712 muestras de leche de 149 ovejas multíparas híbridas de las razas Awassi (AW), East Friesian (EF) y Lacaune (LC): F1 EF + LC (n=113), F1 LC + AW (n=118), ¾ AW + ¼ EF (n= 104), ¾ EF + ¼ LC (n=162) y ¾ LC + ¼ EF (n=215), con un promedio de edad de 3.8 años. El control lechero consistió en la toma de muestras cada dos semanas.
Método: Se registró individualmente la producción de leche y se obtuvieron muestras (2 frascos de 40 ml c/u) para los análisis de calidad de la leche (porcentajes de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales) utilizando el equipo Economilk Bond Total 40s (Tauber®), así como el conteo de células somáticas (CCS x 10^3) empleando un equipo Ekomilk somatic cells analyzer Scan (Tauber®).
Edición de la información y análisis estadístico: La información fue integrada en una base de datos en excel. La información fue analizada a través de un modelo mixto para estimar las medias mínimo-cuadráticas. El modelo incluyó factores ambientales: edad de la oveja, tipo de parto y sexo(s) de la cría(s) (no incluidos los resultados en este estudio). Los análisis se realizaron utilizando el software JMP® 17.0 from SAS. El modelo mixto fue:

$$Y_{ijklmn} = \mu + Gg_i + Ed_j + Tp_k + Sx_l + \beta_1(x_{ijklm} - \bar{X}) + \beta_2(X^2_{ijklm} - \bar{x}^2) + Id_m + e_{ijklm}$$

Donde: Y_{ijklmn} = Producción de leche, porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y CCS, edad de la oveja, tipo de parto y sexo de la cría. μ = Media general. Gg_i = Efecto fijo del i-ésimo nivel del factor tipo racial de la oveja, (n=5). Ed_j = Efecto fijo del j-ésimo nivel del factor edad de la oveja (n=6). Tp_k = Efecto fijo del k-ésimo nivel del factor tipo de parto (n=2). Sx_l = Efecto fijo del l-ésimo nivel del factor sexo(s) de la cría(s) (n=5). $\beta_1(x_{ijklm} - \bar{X})$ = Coeficiente de regresión lineal de la covariable días de lactancia. $\beta_2(X^2_{ijklm}$ -

$\bar{x}^{2}$) = Coeficiente de regresión cuadrático de la covariable días de lactancia. Id_m = Efecto aleatorio del n-ésimo nivel del factor de la oveja (efecto aditivo). e_{ijklm}= Residuo.

A partir de los resultados obtenidos, como resultados complementarios obtuvimos cuatro cuartiles identificando los grupos genéticos del rebaño con mayor productividad.

Resultados y discusión.

Selección de ovejas con altos índices productivos.

El cuadro 1, se presenta el índice de selección de las primeras 15 ovejas (del total de 149 ovejas analizadas para la producción y los componentes de la leche). Seleccionando al mejor 10% de la población analizada a través del modelo aplicado, se obtuvo el promedio genético de la población total analizada, que para efectos del índice de selección será el valor cero ("0"). Representándolo, los valores que han sido marcados en verde indican aquellas ovejas (25%) con una mayor productividad para la variable analizada del componente de la leche, mientras que aquellos valores sin color (75% de las ovejas) refiere a los componentes que no fueron sobresalientes para aquella(s) variable(s). Las ovejas que fueron sobresalientes y fueron posicionadas de acuerdo a los mejores rendimientos y los componentes de su calidad de la leche, se encontraron dentro del 10% (primera sección), ejemplo: la primera oveja identificada como ID 523761 obtuvo cinco de los seis criterios de selección, mostrando que sus valores genéticos evaluados estuvieron por encima del promedio de la población analizada, por ejemplo, su valor genético (VG) de los porcentajes de grasa, lactosa, sólidos totales, kg de producción de leche y CCS x 10^3 (+0.394, +0.230, +1.923, +0.125, -46.526, respectivamente) con respecto al promedio genético de la población analizada. En contraste y aquellas ovejas que se encuentran al final de cuarto cuartil) haciendo referencia a la última oveja evaluada (ID 528308, que no se muestra en el cuadro 1), se observó que todos los valores genéticos de las variables analizadas estuvieron por debajo del promedio genético de la población analizada, siendo su VG para grasa, proteína, sólidos totales, producción de leche y CCS x 10^3 (-0.050, -1.431%, -0.559%, -0.168 kg, +75.350, respectivamente). El presente modelo mixto, tuvo la particularidad de aplicarlo sin la existencia de la genealogía, obteniendo resultados quizá no con la debida precisión del VG, como lo que se podría obtener aplicando la metodología BLUP (Macedo et al., 2020). Quispe et al. (2009), este enfoque lo han utilizado en la evaluación genética de alpacas, demostrando ser efectivo en la estimación de VG para características productivas. Ambos modelos (BLUP y modelo mixto) tienen aplicaciones valiosas en la genética de ovinos lecheros. Por otro lado, también el modelo lineal mixto es más adecuado para analizar múltiples características simultáneamente y manejar datos complejos, como mediciones repetidas a lo largo de la lactancia (Sorensen et al., 2002), planteamiento que a mediano plazo podría ser empleado en México.

Cuadro 1. Índices de selección para la producción y los componentes de la leche: porcentajes de grasa, proteína, lactosa y conteo de células somáticas (CCS x 10^3) en ovejas híbridas Awassi, East Friesian y Lacaune.

Grupo genético	ID oveja	% grasa	% proteína	% lactosa	% sólidos totales	Kg leche/día	CCS x10^3	# VG
1/2 EF + 1/2 LC	523761	0.394	-0.576	0.230	1.923	0.125	-46.526	5
3/4 LC + 1/4 EF	462632	0.023	-1.074	0.226	1.428	0.147	-107.709	4
3/4 EF + 1/4 LC	523665	-0.010	2.366	0.172	-0.489	0.101	-43.542	4
1/2 EF + 1/2 LC	2445	0.238	-0.286	0.228	1.509	0.061	-31.397	3
3/4 LC + 1/4 EF	460820	0.461	0.118	0.020	1.083	-0.088	-53.784	3
3/4 EF + 1/4 LC	476473	0.387	-0.613	0.221	1.459	-0.100	45.599	3
1/2 LC + 1/2 AW	482022	0.213	-0.223	0.191	1.209	-0.049	33.363	3
3/4 LC + 1/4 EF	482239	0.764	0.039	0.379	2.486	0.018	-29.017	3
3/4 LC + 1/4 EF	490001	0.272	-0.366	0.461	1.833	-0.072	32.287	3
1/2 LC + 1/2 AW	513229	0.411	-0.848	0.327	2.345	-0.008	27.861	3

3/4 EF + 1/4 LC	513319	0.190	0.356	0.181	0.852	0.253	-21.651	3
3/4 AW + 1/4 EF	523632	0.096	1.650	0.306	-0.330	-0.059	-64.207	3
3/4 AW + 1/4 EF	523636	0.175	-0.049	0.189	0.942	0.088	-46.987	3
3/4 EF + 1/4 LC	523668	0.573	-1.597	0.212	2.273	-0.158	-24.974	3
1/2 EF + 1/2 LC	523735	0.385	-1.378	-0.330	1.809	0.336	50.139	3

Grupo genético	ID oveja	% grasa	% proteína	% lactosa	% sólidos totales	Kg leche/día	CCS x10³	# VG
3/4 EF + 1/4 LC	528308	-0.050	-1.431	-0.251	-0.559	-0.168	75.350	0

El modelo mixto (MM) representa un equilibrio entre precisión, flexibilidad y viabilidad operativa en la evaluación genética de ovejas lecheras. el MM se posiciona como una herramienta robusta y recomendable para programas de mejora genética en ovinos lecheros, especialmente en sistemas de producción en crecimiento o transición hacia una mayor tecnificación (Macedo et al., 2020).

Conclusiones.

El Modelo Mixto es una herramienta alterna viable de análisis principalmente ante la falta de información genealógica de los individuos en estudio y ante las desventajas que presentan los modelos clásicos en el sector pecuario, que, al aplicarse correctamente, puede potenciar significativamente los programas de mejoramiento genético en ovejas lecheras.

Agradecimientos.

A la unidad de producción “Rancho San Francisco” en el municipio de Colón, Estado de Querétaro, por las facilidades otorgadas para la realización de este estudio. Asimismo, al Financiamiento otorgado por la Universidad Autónoma del Estado de México para la adquisición de material y equipo a través del Proyecto Productivo Clave de registro SIEA: 6973/2024SP: Evaluación de ovejas lecheras híbridas de las razas East Friesian, Lacaune y Awassi en un rebaño comercial, a través del uso del rendimiento y calidad de la leche como criterios para selección de reemplazos.

Referencias bibliográficas.

1. Littell, R. C., Pendergast, J., Natarajan Y. R. 2000. Modeling covariance structure in the analysis of repeated measures data. Stat. Med.
2. Lynch, M., y Walsh, B. 2002. Genetics and Analysis of Quantitative Traits. Sinauer Associates, Inc. USA.
3. Macedo, F. L., Reverter, A., y Legarra, A. (2020). Including genotypic information in genetic evaluations increases the accuracy of sheep breeding values. PMC.
4. Peña, M. J. 2022. Diseño e implementación de registros productivos y reproductivos en hacienda Sincerin, San Anterito-Córdoba. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bucaramanga, Colombia.
5. Quispe, J., Alfonso, L., y Rodríguez, J. (2009). Estimación del proceso genético de seis esquemas de selección en alpacas (Vicugna pacos L.) Huacaya con tres modelos de evaluación en la región altoandina de Huancavelica.
6. Ruiz, A. 2000. Planificación de la Mejora en Ovino-Caprino lechero: Eficiencia productiva mediante la implementación de un sistema de registro, control y seguimiento de la producción láctea. Estación Agrícola Experimental. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. León, España.
7. Sorensen, D. y Gianola, D. (2002). Linear Models in Animal Breeding. Springer-Verlag.

EFECTO DE LOS SNP CON ALTO DESEQUILIBRIO DE LIGAMIENTO SOBRE LA PREDICCIÓN DE VALORES GENÉTICOS EN GANADO BOVINO HOLSTEIN.

José Guadalupe Cortes-Hernández[1*], Adriana García-Ruiz[2], Felipe de Jesús Ruiz-López[2], Francisco Peñagaricano[3], Hugo Horacio Montaldo[4].

[1*]Programa de Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 04510.
[2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENIDFyMA), 76280.
[3]Department of Animal Sciences, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin 53706.
[4]Departamento de Genética y Bioestadística, (FMVZ-UNAM), 04510.

*Autor para correspondencia: jgch1992@hotmail.com

Palabras clave: varianza genética, desequilibrio de ligamiento, características productivas y células somáticas.

Introducción

El modelo infinitesimal propuesto por Fisher plantea que los rasgos cuantitativos están determinados por un gran número de genes con efectos pequeños en lugar de pocos genes con efectos grandes. Los efectos de los SNP se basan en el Desequilibrio de Ligamiento (DL) entre los marcadores y los efectos en el rasgo fenotípico. El DL es la asociación no aleatoria de alelos en diferentes loci de un cromosoma que se heredan juntos con mayor o menor frecuencia de la esperada, debido algunas veces a su cercanía física y a la baja tasa de recombinación genética. Los niveles de DL son diferentes entre poblaciones, ya que estos cambian de acuerdo con las características de interés para el mejoramiento, intensidad de selección, adaptabilidad de animales, migración, tipo de apareamientos, razas, etc. Por lo que se espera que en poblaciones con selección artificial como en ganado Holstein, el DL sea más alto debido a que la selección de un alelo en un locus puede también afectar a los alelos en loci cercano. En ganado lechero se han reportado pocos genes con efectos sobre la producción y componentes de la leche mayores (DGAT1, GHR y ABCG2), por lo que algunas metodologías sugieren la utilización de SNP ponderados por el DL en las evaluaciones genómicas, otras metodologías proponen utilizar haplotipos construidos a partir de los SNP, pero no han mostrado resultados favorables en el aumento de la confiabilidad de los valores genéticos y el proceso resulta tedioso debido a la construcción de los haplotipos (Lourenco et al., 2020, Ren et al., 2022). Evaluar el uso SNP con alto DL en las evaluaciones genómicas de razas de ganado especializadas, implicaría incluir combinaciones de variantes alélicas de SNP que tienen una alta frecuencia en la población y que están asociadas con mayor probabilidad a ciertos genes debido a la selección artificial que se ha realizado en el ganado, aumentando la estimación de los efectos y la varianza genética explicada por los SNP para los fenotipos de interés.

Objetivo

Evaluar la contribución de los SNP con alto desequilibrio de ligamiento (SNP-DL) sobre la varianza genética explicada (VARG) y la confiabilidad de valores genéticos predichos (VGP) de producción de leche (PL), grasa y proteína en kilogramos y porcentaje (GK, PK, GP y PP) y calificación de células somáticas (CCS) comparado con SNP sin filtrado por DL (SNP-GENERAL) en ganado bovino Holstein de México.

Materiales y métodos

En el análisis de SNP-GENERAL se incluyeron 8,290 genotipos con 88,911 SNPs previamente filtrados por el control de calidad que consistió en excluir animales con tasa de llamado < 0.95, o con conflicto de parentesco; el filtro para SNP excluyó aquellos con frecuencia del alelo menor (MAF) < 0.05, tasa de llamado < 0.95, o un valor de P para el equilibrio de Hardy Weinberg > 0.15, o monomórficos.
La detección de SNP con alto DL se realizó con el software PLINK 1.07, por medio de la función --blocks, en la que se determinó una r^2 de DL entre SNP ≥ 0.80 y los parámetros --maf 0.01 --mind 0.05 --geno 0.02 --allow-no-sex para el control de calidad genómico en este proceso, se obtuvo un total de 33,010 SNP y 8,182 genotipos de animales.

La información fenotípica consistió en 640,746 registros productivos, previamente ajustados a 305 días y equivalente de madurez, pertenecientes a 358,857 vacas de la raza Holstein, que contaban con información de PL, GK, GP, PK, PP y CCS para 1-3 lactaciones. Los animales estuvieron distribuidos en 353 hatos en 18 estados de la república mexicana. La información genotípica fue proporcionada por el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (CENIDFyMA-INIFAP) y la información fenotípica fu proporcionada por la Asociación Holstein de México.

Los efectos de los SNPs fueron estimados cómo;

$$\hat{\boldsymbol{a}} = \boldsymbol{kDZ'G^{-1}\hat{u}}$$

Dónde; $\hat{\boldsymbol{a}}$ es el efecto estimado para un SNP, $k = {}^{1}/_{2}\,\Sigma p_i(q_i)$ es un escalar dónde p_i es la frecuencia del alelo A para el i-ésimo SNP, q_i es la frecuencia del alelo B para el i-ésimo marcador, $\boldsymbol{D}$ es una matriz diagonal de pesos para cada SNP como lo propuesto por VanRaden. (2008), $\boldsymbol{Z'}$ es la matriz transpuesta de los SNP ajustada por las frecuencias alélicas, $\boldsymbol{G^{-1}}$ es la matriz inversa de relaciones genómicas y $\hat{\boldsymbol{u}}$ es el valor genético predicho (VGP) para cada características (Lourenco et al., 2020).
El modelo utilizado para obtener los VGP, fue el siguiente;

$$y_{ijklmn} = \mu + HAE_i + EDAD_j + PE_k + SH_l + AN_m + e_{ijklmn}$$

Dónde y_{ijklmn} son cada una de las 6 características. Los efectos fijos del modelo son; μ la media general para cada fenotipo, HAE_i el i-ésimo nivel de hato año estación, $EDAD_j$ el j-ésimo nivel de edad al parto en meses en cada lactación. Los efectos aleatorios incluidos son: PE_k que es el k-ésimo nivel del ambiente permanente, SH_l es el l-ésimo nivel de la combinación semental-hato, AN_m es el efecto del animal y e_{ijklmn} el efecto residual
La VARG por los SNP fue calculada cómo:

$$VARG = 2p_iq_i\hat{a}_i^{\,2}$$

Dónde: p_i es la frecuencia del alelo A para el i-ésimo SNP, q_i es la frecuencia del alelo B para el i-ésimo marcador y $\hat{a}_i$ es el efecto estimado del i-ésimo marcador.
La confiabilidad de los VGP se calculó cómo:

$$Confiabilidad_i = 1 - \left(\frac{PEV_i}{\sigma_A^2(1+F_i)}\right)$$

Dónde: PEV_i= La varianza del error de predicción para cada VGP del i-ésimo animal, σ_A^2 = La varianza genética aditiva y F_i= El coeficiente de consanguinidad del i-ésimo animal.
Los controles de calidad genómicos, cálculo de efectos de SNP, varianza genética explicada por los SNP, predicción y confiabilidad de los VGP se realizó con la metodología de GBLUP con la paquetería de BLUPF90 (preGSf90, blupf90+ y postGSf90, Aguilar et al., 2014), con esta metodología se pueden incluir animales con genotipo y sin genotipo.

Resultados y discusión
Para todas las características evaluadas la VARG, los efectos de los SNP y la confiabilidad de los VGP fue mayor con la utilización de marcadores con alto DL que con la utilización de SNP sin poda por DL, mostrando valores a más del 100% en los análisis de SNP-DL (Cuadro 1).

Cuadro 1. VARG explicada por los SNP, efectos de los SNP y confiabilidad de los VGP en cada análisis para los animales con genotipo.

VGP	SNP-GENERAL			SNP-DL		
	VARG	EFECT	CONF	VARG	EFECTO	CONF
PL	12,636 ± 0.23	30,127.41	.62 ± .001	25,798.48 ± 1.27	60,329.48	.65 ± .001
GK	63.15 ± 0.00	151.34	.69 ± .001	136.34 ± 0.01	319.68	.79 ± .001
PK	41.24 ± 0.00	99.08	.69 ± .001	88.55 ± 0.00	208.48	.80 ± .001
GP	0.006 ± 4.0-07	0.013	.82 ± .001	0.013 ± 2.5e-06	0.030	.87 ± .001
PP	0.001 ± 3.1e-08	0.003	.83 ± .001	0.003 ± 8.6e-08	0.007	.87 ± .001
PCS	0.004 ± 7.0e-08	0.01	.61 ± .001	0.01 ± 4.1e-07	0.02	.64 ± .001

VGP: Valor genómico predicho, VARG: Varianza genética explicada, DL: Desequilibrio de ligamiento, PL: Producción de leche en kg, GK: Grasa en kg, PK: Proteína en kg, GP: Porcentaje de grasa, PP: porcentaje de proteína y PCS: puntuación de células somáticas.

La ganancia en la VARG explicada en el análisis SNP-DL se debe a que la estimación de los efectos de los marcadores es mayor que con los SNP de forma general. Esto se debe a que los alelos en un locus por estar en DL aumentan la probabilidad de que al menos uno esté vinculado a un QTL. Además, se reduce el número de efectos a estimar sin descartar información genómica relevante, dejando de lado alelos poco frecuentes o no relacionados con ningún QTL (Araujo et al., 2021). Las mayores ganancias en la VARG explicada se observaron en los rasgos PL, GK y PK. Esta ganancia se puede explicar por el nivel de efectos estimados para los SNP en este tipo de análisis.
El uso de SNP con alto DL en evaluaciones genómicas requiere una selección continua del conjunto de SNP y la inclusión de nuevos marcadores o animales genotipados podría modificar el nivel de DL, lo que podría resultar en un proceso laborioso, pero con resultados favorables a comparación de la implementación de haplotipos en las evaluaciones genómicas donde se reportan ganancias en la confiabilidad de alrededor del 2% (Fabbri et al., 2020).

Conclusiones
Los análisis con SNP-DL mostraron mayores contribuciones a la VARG explicada y efectos sobre las características evaluadas en comparación con los análisis SNP-GENERAL. Estos resultados muestran la posibilidad de implementar la utilización de SNP con alto DL en las evaluaciones genómicas de ganado, pero se debe tener en cuenta que los niveles de DL se mantengan constantes de generación en generación y procurar la diversidad genética.

Agradecimientos y fuente financiadora
Agradecimiento al SECIHTI, FMVZ-UNAM, Asoc. Holstein de México y al CENIDFyMA.

Referencias bibliográficas
1. Aguilar, I., Misztal, I., Tsuruta, S., Legarra, A., & Huiyu Wang. (2014). PREGSF90 – POSTGSF90: Computational Tools for the Implementation of Single-step Genomic Selection and Genome-wide Association with Ungenotyped Individuals in BLUPF90 Programs. https://doi.org/10.13140/2.1.4801.5045.
2. Fabbri, M. C., Dadousis, C., & Bozzi, R. (2020). Estimation of Linkage Disequilibrium and Effective Population Size in Three Italian Autochthonous Beef Breeds. Animals, 10(6), 1034. https://doi.org/10.3390/ani10061034.
3. Lourenco, D., Legarra, A., Tsuruta, S., Masuda, Y., Aguilar, I., & Misztal, I. (2020). Single-Step Genomic Evaluations from Theory to Practice: Using SNP Chips and Sequence Data in BLUPF90. Genes, 11(7), 790. https://doi.org/10.3390/genes11070790.
4. Ren, D., Cai, X., Lin, Q., Ye, H., Teng, J., Li, J., & Zhang, Z. (2022). Impact of linkage disequilibrium heterogeneity along the genome on genomic prediction and heritability estimation. *Genetics Selection Evolution*, *54*(1), 47.
5. Araujo, A. C., Carneiro, P. L. S., Oliveira, H. R., Schenkel, F. S., Veroneze, R., Lourenco, D. A. L., & Brito, L. F. (2021). A Comprehensive Comparison of Haplotype-Based Single-Step Genomic Predictions in Livestock Populations With Different Genetic Diversity Levels: A Simulation Study. Frontiers in Genetics, 12, 729867. https://doi.org/10.3389/fgene.2021.729867

COMPARACIÓN DE PARÁMETROS Y VALORES GENÉTICOS PARA PESO A LA COSECHA EN *Litopenaus vannamei,* UTILIZANDO INFORMACIÓN GENÓMICA Y GENEALÓGICA.

Eduardo Sebastian Alvarez-Castillo[1*]; Ingrid Aimé Cerón-Macías[1]; Gabriel Ricardo Campos-Montes[1,2]; Baltasar Fernandes Garcia[3]; Thania Medrano-Mendoza[1,2]; Victor Hugo Fuentes-Andraca[4] ; Juan Carlos Quintana-Casares[2] ; Alejandra Caballero-Zamora[1,2].

[1 1] Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. CDMX, México; [2] Genética MarSel S.A. de C.V.; [3] Centro de acuicultura de Unsep (CAUNSEP)- Jaboticabal- SP, Brazil; [4] Marimex del Pacífico.

*Autor para correspondencia: 2232801242@alumnos.xoc.uam.mx

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei*, GBLUP, predicción genómica.

Introducción

El camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) es el crustáceo más cultivado a nivel mundial, principalmente por su alta adaptabilidad a diversos sistemas de producción y su velocidad de crecimiento. Ante la creciente demanda de esta especie, se han implementado diversos programas de mejoramiento genético (PMG) con el objetivo de aumentar la eficiencia y rentabilidad del sistema productivo, esto a partir de la selección de reproductores con superioridad genética capaces de modificar favorablemente la media fenotípica de la siguiente generación para las características de interés comercial (Nguyen *et al*., 2020). En *L.vannamei*, el peso corporal tiene una gran relevancia, ya que determina el precio en el mercado.

Para mejorar la eficiencia de los PMG, es importante estimar la heredabilidad y predecir los valores genéticos (VG) con la mayor precisión posible. De manera convencional se utiliza el Modelo Animal, metodología que considera además de la información fenotípica, todas las relaciones de parentesco en la población, las cuales pueden obtenerse a partir de información genealógica y/o genómica. Sin embargo, es importante considerar que el uso de información genómica suele implicar mayores costos en comparación con la información genealógica. En diversas especies acuícolas, la incorporación de información genómica basada en marcadores de tipo SNP (*Single Nucleotide Polymorphism*) ha favorecido la precisión de la heredabilidad y de los VG al considerar las diferencias entre los individuos a nivel de base nitrogenada para la estimación de parentesco (Yañez *et al*., 2023). Lo anterior, podría significar un cambio en la estimación de heredabilidad, además de un ordenamiento de candidatos a reproductores para la selección diferente al esperado, a partir de información genealógica, por lo que el objetivo de este trabajo fue comparar la heredabilidad y los valores genéticos predichos, obtenidos por medio del modelo animal, utilizando información genealógica y genómica.

Materiales y métodos

Este estudio contó con la información de una población de *L. vannamei* del ciclo de producción 2023, de la empresa Genética MarSel S.A. de C.V. ubicada en Mazatlán, Sinaloa. Se formaron 176 familias a partir de inseminación artificial con una relación padre: madre 1:2 con una consanguinidad máxima esperada de 6.25%. Se sembraron 1,500 organismos por cada familia a los 28 días post-eclosión, sin identificación familiar, en un estanque comercial ubicado en Bahía de Kino, Sonora; posteriormente, fueron cosechados a los 180 días de edad. Se contó con una muestra aleatoria de 5,850 organismos, de los cuales se registró el peso corporal individual; los organismos, se identificaron individualmente mediante anillos oculares, y se obtuvo una muestra de tejido para ser genotipados en el Center of Aquaculture Technologies (CAT), utilizando el microarreglo AquaArray HD (50K). El control de calidad filtró los genotipos por tasa de llamado para SNP (< 90%), frecuencia del alelo menor (< 0.05), pérdida del equilibrio de Hardy Weinberg ($P< 1x10^6$) y tasa de llamado de genotipo (< 80%). Asimismo, se eliminaron los marcadores sin posición asignada y aquellos ubicados fuera de los 44 grupos de ligamiento asociados a los cromosomas de la especie. El sexo de los organimos se asignó en función del SNP Yu_C19299G_A, el cual definió a los camarones con el genotipo GG como hembras y los genotipos GC y CC como machos. Para la reconstrucción de paternidades se utilizó la función *apparent* en el entorno R, con una precisión de $\alpha = 0.01$. Previamente se redujo la matriz genómica por el método de poda a 1005 SNPs, para la asignación de ambos progenitores de cada organismo se utilizaron en promedio 245 SNPs.

La estimación de los componentes de varianza se realizó a partir de un modelo animal univariado a través del software BLUPF90, con dos enfoques: el primero utilizó una matriz de relaciones de parentesco basada en información genealógica con 21 generaciones de profundidad (PBLUP) y el segundo utilizó una matriz genómica que contempló únicamente individuos genotipados (GBLUP). En ambos enfoques se consideró el sexo y la edad a la cosecha como efectos fijos, y como efectos aleatorios se incluyeron el efecto aditivo del animal y el efecto común de familia. La heredabilidad (h^2) y la proporción del efecto común de familia (f^2), se estimaron como la proporción entre la varianza correspondiente y la varianza fenotípica total. La asociación entre los ordenamientos de los valores genéticos obtenidos se realizó mediante una correlación de Spearman.

Resultados y discusión

El peso a la cosecha promedio del estanque fue de 30.81g con una desviación estándar de 4.3 g. Respecto al control de calidad se removieron un total de 29,619 SNPs y no se excluyeron organismos por tasa de llamado de genotipo.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos para la estimación de la heredabilidad y el efecto común de familia a partir de información genómica y pedigrí.

Cuadro 1. Estimación de heredabilidad para peso a la cosecha en camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) contemplando el efecto común de familia, a través de información genómica y pedigrí.

	h^2 ± e.e.	f^2 ± e.e.
Pedigrí	0.26 ± 0.06	0.09 ± 0.02
Genómica	0.19 ± 0.02	0.13 ± 0.02

e.e.: Error estándar

Los resultados muestran que existe variación genética aditiva para el peso a la cosecha en *L. vannamei*. La estimación de la heredabilidad a partir de GBLUP presenta una mejor precisión que con PBLUP, lo que concuerda con lo mencionado por Sui *et al.*, (2024). Esta diferencia en la precisión podría ser atribuida a una mayor precisión de la matriz de relaciones, obtenida a partir de información genómica, ya que las relaciones basadas en los SNP reflejan las similitudes reales entre individuos al considerar las diferencias a nivel de nucleótidos, mientras que la información genealógica asume las relaciones de parentesco como valores esperados. Respecto al efecto común de familia, es importante resaltar la importancia de incorporarlo en la modelación para la evaluación genética de características como el peso a la cosecha, ya que su omisión se ha asociado a una sobreestimación de parámetros genéticos (Castillo-Juárez *et al.*, 2007).

En cuanto a la comparación de los ordenamientos para los candidatos a reproductor a partir del BLUP y GBLUP, se obtuvo una correlación de Spearman de 0.74 ± 0.01. Este valor es indicativo de una asociación alta entre ambas fuentes, sin embargo, en el contexto de los PMG, esto podría implicar diferencias importantes entre los ordenamientos para los candidatos a reproductores (Galla, *et al*., 2020); sin embargo, resulta importante considerar la relación costo-beneficio de la implementación de la selección genómica en camaronicultura, por lo que futuros trabajos deberían considerar un análisis económico que apoye la toma de decisiones dentro de los PMG.

Conclusión

Los resultados de esta investigación muestran varianza genética aditiva suficiente para la selección de peso a la cosecha en *L. vannamei*, con una estimación más precisa de la heredabilidad a partir de la información genómica. Respecto al ordenamiento de los candidatos a reproductor, estos resultados permiten considerar que existe una diferencia moderada en el ordenamiento de los candidatos a partir de ambos enfoques estudiados, lo que podría llevar a diferentes predicciones de la respuesta a la selección. Dado lo anterior, es importante evaluar las posibles consecuencias de la respuesta a la selección de ambos enfoques, además de la relación costo/beneficio involucrada en cada uno de ellos.

Agradecimientos y fuente financiadora
Los autores agradecen a SECIHTI, México, por financiar la beca del primer y segundo autor (reg. no. 1306147 / 2048747) para sus estudios en la de Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana. También agradecemos a Genética MarSel S.A. de C.V. por el apoyo financiero para llevar a cabo esta investigación.

Referencias bibliográficas

1. Castillo-Juárez, H., Casares, J. C. Q., Campos-Montes, G., Villela, C. C., Ortega, A. M., & Montaldo, H. H. (2007). Heritability for body weight at harvest size in the Pacific white shrimp, Penaeus *(Litopenaeus) vannamei*, from a multi-environment experiment using univariate and multivariate animal models. Aquaculture, 273(1), 42-49.
2. Galla, S. J., Forsdick, N. J., Brown, L., Hoeppner, M. P., Knapp, M., Maloney, R. F., Richardson, A., Slater, L., Santuario, A. W. & Steeves, T. E. (2020). A comparison of pedigree, genetic and genomic estimates of relatedness for informing pairing decisions in two critically endangered birds: Implications for conservation breeding programmes worldwide. Evolutionary Applications, 13(5), 991–1008.
3. Nguyen, N. H., Phuthaworn, C., & Knibb, W. (2020). Genomic prediction for disease resistance to Hepatopancreatic parvovirus and growth, carcass and quality traits in Banana shrimp *Fenneropenaeus merguiensis*. Genomics, 112(2), 2021-2027.
4. Sui, J., Sun, K., Kong, J., Tan, J., Dai, P., Cao, J., & Meng, X. (2024). Estimation of Genetic Parameters for Growth and WSSV Resistance Traits in *Litopenaeus vannamei.* Animals, 14(12), 1817.
5. Yañez, J. M., Barria, A., Lopez, M. E., Moen, T., Garcia, B. F., Yoshida, G. M., & Xu, P. (2023). Genome-wide association and genomic selection in aquaculture. Reviews in Aquaculture, 15(2), 645-675

ESTIMACIÓN DE DIVERSIDAD GENÉTICA A PATIR DE CORRIDAS DE HOMOCIGOSIS EN GANADO CRIOLLO DE BAJA CALIFORNIA SUR.

Verónica Svetlana Toxqui-García[1]*, Noe de Jesús Medina-Córdova[2], Moisés Montaño-Bermúdez[2], René Calderón-Chagoya[2], Vicente Eliezer Vega-Murillo[1]

[1]FMVZ, Universidad Veracruzana. [2]CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP

*Autor para correspondencia: veronica_svetlana@hotmail.com

Palabras clave: SNP, genes, adaptación.

Introducción

La ascendencia del ganado criollo, combinada con adaptaciones locales, creó el amplio espectro de razas criollas americanas, muchas de las cuales se encuentran en peligro de extinción debido a la introducción más reciente de las razas británicas y cebuinas, el relego a áreas marginales y cambios en los sistemas y objetivos de producción (Ginja et al. 2019; FAO, 2021). Una de las maneras para prevenir esta pérdida de diversidad genética en las poblaciones de ganado es mediante la conservación de los recursos zoogenéticos junto con la optimización de la respuesta a la selección y la variabilidad genética dentro de la población, lo que permitiría mantener la raza y diseñar un programa de cría basado en el mejoramiento genético, manteniendo al mismo tiempo la variabilidad genética (FAO, 2013). En México existen cinco biotipos de ganado Criollo, entre los que se encuentra el Criollo del desierto de Baja California Sur, o criollo Chinampo, utilizados principalmente para producción de carne, leche y trabajo, utilizados en sistemas de pastoreo en zonas marginales que no son aptas para la cría de razas especializadas. Los tipos de ganado criollo mejor caracterizados y más estudiados en México son los de Nayarit, Chihuahua, Baja California y Chiapas, a su vez, siendo también las poblaciones más aisladas y mejor conservadas (ASOCRIOLLO, 2010; Armstrong et al. 2022).

Una de las formas de conocer la diversidad genética y la historia demográfica de las poblaciones es a través del análisis de homocigosis, el cual, se define por segmentos homocigotos contiguos en los que los dos haplotipos transmitidos por los padres son idénticos, por lo que, la presencia de corridas de homocigosis (ROH) en una población son indicativos de un alto nivel de endogamia, las ROH cortos son más antiguas y, probablemente, derivan de la adaptación ambiental, mientras que las ROH largas son recientes y probablemente se deben a la selección artificial (McQuillan et al. 2008; Marras et al. 2015; Macciotta et al. 2021). En la actualidad, no existen programas bien organizados para el mejoramiento genético o la conservación del ganado Criollo en México, además, los estudios de investigación y caracterización son bastante limitados en el país (Armstrong et al. 2022), por lo que, aumentar la comprensión de la selección positiva y cómo da forma a la variación genética en animales domésticos tiene el potencial de proporcionar conocimientos sobre los mecanismos involucrados en la evolución, esencial para su conservación y utilización dentro de la cadena de producción, así como la conservación de los recursos zoogenéticos del país.

Materiales y métodos

Se utilizó el fenotipo y genotipo de 70 animales criollos, pertenecientes a 5 localidades de Baja California Sur. Estos animales fueron previamente genotipados mediante el panel BovineHD Genotyping Beadchip de 777 k SNP (Geneseek® genomic profiler bovine ™ 777K) utilizando la plataforma de tipificación de genotipos de Illumina. El control de calidad de las muestras genotipadas se realizó con el software PLINK v1.9, se excluyeron todos los SNP con una tasa de llamado < 0.95 y una frecuencia de alelo menor < 0.05, así como aquellos que no se encontraban en equilibrio Hardy – Weinberg (P < 1x10-6) (Purcell et al. 2007). Se identificaron ROH con el software PLINK 1.9 (Purcell et al. 2007) utilizando una ventana deslizante de longitud específica. Se aplicaron los siguientes parámetros: mínimo de 50 SNP homocigotos consecutivos y longitud mínima por ROH de 1000 kb con la finalidad de evitar incluir ROH muy cortas, se permitió 1 SNP heterocigoto y 5 genotipos perdidos por ventana. Las ROH se agruparon en diferentes clases de tamaño: < 2Mb, 2 – 4 Mb, 4 – 8 Mb, 8 – 16 Mb, > 16 Mb (Goszczynski et al. 2018).

Resultados y discusión

Se detectaron 2,368 ROH en todos los animales, con un promedio de ROH por animal fue de 34.82 ± 2.31, mientras que el promedio de las longitudes de ROH por animal fue de 124.50 ± 21.71 Mb, siendo que el mayor número de ROH se detectó en los animales pertenecientes al INIFAP (1226), esto puede ser explicado por las prácticas de manejo caracterizadas por un apareamiento menos controlado debido a prácticas tradicionales (Purfield et al. 2012); en cuanto a las longitudes promedios de ROH, probablemente se deba a la poca acción de la selección y métodos de apareamiento establecidos, ya que las ROH no se han roto por eventos de recombinación debido a la progresión de la selección actual (Falchi et al. 2023).

Al agruparse por tamaño de ventana (Cuadro 1), las ventanas menores a 2 Mb fueron las que más ROH presentaron, 68.36 % del total de ROH encontrados, evidenciando adaptación ambiental en las primeras etapas del establecimiento de la raza ya que las ROH cortos son más antiguas (Macciota et al. 2021), lo cual sugiere que el criollo Chinampo ha sido sometido a una baja selección en épocas recientes al sufrir fragmentación por recombinación intergeneracional (Zambrano et al. 2020; Toro-Ospina et al. 2022).

Cuadro 1. Número de corridas de homocigosis totales agrupadas por tamaño para cada localidad

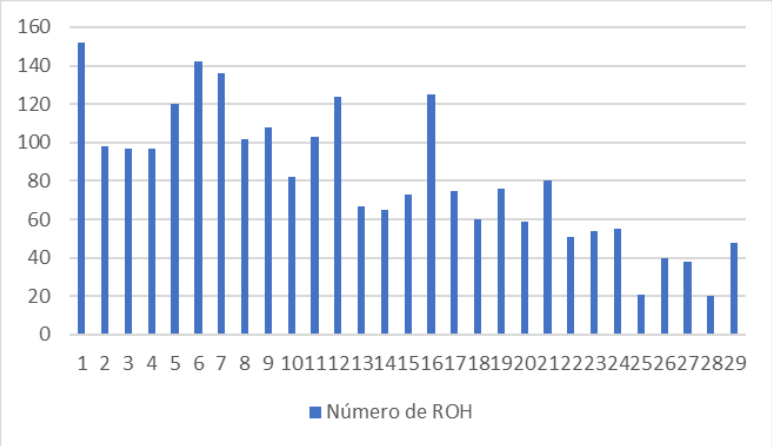
Número de corridas de homocigosis por localidad					
Localidad	**<2 Mb**	**2 – 4 Mb**	**4 – 8 Mb**	**8 – 16 Mb**	**>16 Mb**
INIFAP	735	222	107	65	97
La Paz	192	34	10	5	0
Miraflores	84	16	6	1	0
Mulegé	424	99	39	7	7
Todo Santos	184	20	11	2	1

Los cromosomas con mayor frecuencia de ocurrencia de ROH se encontraron en BTA1, BTA5, BTA6, BTA7, BTA12 y BTA16. Toro-Ospina et al. (2022) en criollo caqueteño reportaron regiones genómicas, coincidentes, con mayor frecuencia de ROH en BTA6 asociando genes con la respuesta inmune, deposición de grasa corporal, desarrollo muscular y metabolismo energético; por su parte, genes relacionados con la adaptación ambiental y respuesta al estrés térmico los ubicaron en BTA16, pudiendo estar presentes en el criollo Chinampo debido a la distribución geográfica de este biotipo adaptado a entornos hostiles, con rasgos cruciales para las regiones tropicales que se han fijado debido a la selección natural.

Vanvanhossou et al. (2021), en ganado Somba, identificaron cinco regiones candidatas bajo selección reciente enriquecidas con procesos relacionados a la respuesta inmune adaptativa, encontrándose en BTA6, BTA7, BTA9 y BTA23; en ganado Borgou identificaron ocho regiones candidatas en BTA2, BTA3, BTA5, BTA16 y BTA27, asociadas con características productivas y rasgos reproductivos, particularmente, en BTA16 identificaron el gen DNAJC11 asociado a la respuesta al estrés térmico (Li et al. 2015), el cual también ha sido reportado en el cebú de África Oriental y en ganado blanco y negro alemán de doble propósito (Taye et al. 2018; Naderi et al. 2020), esto es comparable con lo encontrado en este tipo de criollo, el cual mostró corridas de homocigosis particularmente extensas en BTA5, BTA6, BTA7 y BTA16, por lo que es posible que este gen también esté presente y cumpla un papel relevante en la adaptación al calor extremo característico de la región.

.

Figura 1. Número de corridas de homocigosis por cromosoma para el Criollo de Baja California



Conclusiones

El biotipo criollo de Baja California muestra una diversidad genética moderada, respaldada por la detección de corridas de homocigosis (ROH) de distintas longitudes, en su mayoría, segmentos cortos que reflejan la conservación de su genoma ancestral, similar a lo observado en otras poblaciones de ganado autóctonas adaptados a sus respectivos ambientes extremos. Se identificaron regiones previamente relacionadas con características de adaptación al calor, inmunocompetencia y productividad en razas criollas y africanas en los cromosomas BTA5, BTA6, BTA7 y BTA16, destacando una posible implicación del gen DNAJC11, vinculado a mecanismos de respuesta al estrés térmico, lo que podría estar relacionado con la adaptación a las condiciones áridas de la región. En conjunto, los resultados indican que el ganado criollo de Baja California Sur conserva diversidad genética relevante, además, alberga regiones genómicas asociadas a la adaptación local, lo que lo vuelve un importante reservorio genético, resaltando la necesidad de incluirlo en estrategias de conservación y cruzamiento.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos el apoyo financiero otorgado por la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECIHTI), que hizo posible la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

1. FAO. (2021). Status and trends of animal genetic resources – 2020. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Eighteenth Regular Session, 27 September to 1 October 2021. CGRFA-18/21/10.2/inf.6. Cited 10 October 2021.
2. Ginja, C., Penedo, M. C. T., Melucci, L., Quiroz, J., Martínez López, O. R., Revidatti, M. A., ... & Gama, L. T. (2010). Origins and genetic diversity of New World Creole cattle: inferences from mitochondrial and Y chromosome polymorphisms. Animal genetics, 41(2), 128-141.
3. Toro-Ospina, A. M., Herrera Ríos, A. C., Bizarria Santos, W., Pimenta Schettini, G., Vallejo Aristizabal, V. H., Tovar Claros, G., & Morea, E. G. O. (2022). Arquitectura genética y firmas de selección en el criollo caqueteño. Diversidad, 14(10), 828.
4. Vanvanhossou, S. F. U., Yin, T., Scheper, C., Fries, R., Dossa, L. H., & König, S. (2021). Unraveling admixture, inbreeding, and recent selection signatures in West African indigenous cattle populations in Benin. Frontiers in Genetics, 12, 657282.
5. Zambrano, M.F.B.; Flórez, J.C.R.; Rios, A.C.H.; Portilla, C.E.S.; de Jesús Bedoya Berrio, G. Evaluation of Runs of Homozygosity and Genomic Inbreeding in Holstein Cattle from Colombia. Semin. Ciências Agrárias 2020, 41, 3397–3418.

EDAD AL PRIMER PARTO EN RAZAS BOVINAS PARA PRODUCCIÓN CÁRNICA EN MÉXICO.

María del Rosario García-Barradas[1*], Moisés Montaño-Bermudez[2], René Calderón-Chagoya[2], Itziar Eukene Lepe-Anasagasti[1], Raymundo Salvador Gudiño-Escandón[1], Rodolfo Canseco-Sedano[1] y Vicente Eliezer Vega-Murillo[1].

[1]FMVZ, Universidad Veracruzana, Miguel Ángel de Quevedo S/N, Esq. Yáñez, Veracruz, Ver, C.P. 91710.
[2] CENID Fisiología y MA INIFAP

*Autor para correspondencia: mariagarciabarradas@gmail.com

Palabras clave: desempeño reproductivo, comportamiento, efectos genéticos.

Introducción

En 2023, el país alcanzó una producción de 2,214,928 toneladas de carne de bovino, México se posiciona como el 5° productor de carne en canal de bovino a nivel mundial, lo que demuestra la importancia de este sector en la agricultura nacional, (SADER, 2024). La producción de carne se desarrolla bajo diferentes contextos agroclimáticos, tecnológicos, de sistemas de manejo y por finalidad de explotación; ésta comprende novillos para abasto, becerros para exportación y la producción de pie de cría; por lo que, los sistemas básicos de explotación de bovinos para carne en nuestro país son el intensivo o engorda en corral y el extensivo o pastoreo, en praderas y agostaderos (Parra y Magaña, 2019). El desempeño reproductivo es el conjunto de indicadores que evalúan la capacidad reproductiva de un animal a lo largo del tiempo. La edad a primer parto (EPP) es un importante indicador del desempeño reproductivo del hato, ya que una avanzada edad para el inicio de la vida productiva constituye una limitante de importancia fisiológica, de manejo y económica. Una hembra bovina en promedio tiene su primer parto entre los 24 y 30 meses de edad, una edad más temprana al primer parto permite que la hembra tenga más partos durante su vida reproductiva (Sánchez, 2019). Las vacas deben alcanzar al menos el 65% de su peso adulto para poder tener su primer empadre. Por lo anterior el objetivo de este trabajo es estimar efectos genéticos y ambientales que influyen sobre la edad a primer parto en hembras bovinas para la producción de carne, para caracterizar su comportamiento.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló con información de criadores de las asociaciones de registro de razas Santa Gertrudis de México, Brangus Rojo, Gelbvieh. La Asociación Mexicana Simmental Simbrah, Charolais Charbray Herdbook de México y un hato de ganado Brahman de registro.
Se utilizaron los registros de los animales disponibles y se estimó la edad al primer parto. Todos los animales cuentan con información fenotípica, pedigrí, fecha de nacimiento vaca, edad de la vaca, fecha de parto.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza mediante un modelo lineal general por el método de cuadrados mínimos, con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2024). Los modelos para cada característica incluyen los efectos fijos de grupo genético, año, época, hato de la vaca y las interacciones que fueron sido significativas ($p < 0.05$) en análisis preliminares. El modelo a utilizar fue:

$Y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_{ijkl}$

donde:
Y_{ijkl}= edad al primer parto
μ = media general
a_i = efecto i- ésimo grupo genético
b_j = efecto j- ésimo año
c_k = efecto k- ésimo época
d_l= efecto l- ésimo hato (excepto para Brahman)
e_{ijkl} = error aleatorio (e)

Las comparaciones entre las medias de los efectos que fueron significativos ($p < 0.01$) se realizaron con la prueba de t protegida de Fisher
Los análisis se realizaron por raza excepto para Charolais-Charbray y Simmental-Simbrah que se realizaron en conjunto.

Resultados y discusión

Cuadro 1. Valores de significancia en fuentes de variación por raza.

Fuente de Variación	Brahman	Brangus Rojo	Charolais - Charbray	Gelbvieh	Santa Gertrudis	Simmental - Simbrah
Hato	-	<.0001	<.0001	0.002	<.0001	<.0001
Año	0.8781	<.0001	<.0001	0.094	<.0001	<.0001
Época	0.9332	<.0001	<.0001	0.071	<.0001	<.0001

El efecto de hato, año y época no fue significativo para la raza Brahman mientras que para la raza Gelbvieh solo fue significativo para el efecto de hato (Cuadro 1). Para las razas Charolais-Charbray, Santa Gertrudis y Simmental-Simbrah fue significativo el efecto de hato, año y época. En un estudio realizado por Chin Colli et al., (2012) en ganado Suizo Pardo el efecto de año y hato fue significativo, excepto la época. Osorio y Segura (2010), hicieron un estudio en la raza Brahman y sus cruzas en donde el efecto de año y época fue significativo, excepto hato, este resultado se le atribuyo a las altas temperaturas y a la escasez de alimento.

Cuadro 2. Número de animales, media y desviación estándar por raza.

Grupo genético	n	Edad al primer parto (días)
Brahman	43	1059.82 ± 70.95
Brangus Rojo	48,657	936.39 ± 8.34
Charbray	2,430	985.95 ± 4.79
Charolais	1,952	985.87 ± 1.87
Gelbvieh	140	1011.79 ± 38.21
Santa Gertrudis	8,714	1178.55 ± 18.25
Simbrah	24,548	964.43 ± 3.39
Simmental	15,180	976.16 ± 3.73

En el Cuadro 2 se muestra el número de animales, media y desviación estándar por raza. Para edad al primer parto (EPP) la raza que obtuvo una mayor EPP fue Santa Gertrudis seguido de la raza Brahman, la raza que obtuvo menor EPP fue Brangus Rojo. en un estudio realizado en República Checa por Veselá et al. (2020), obtuvieron EPP de 996.70 ± 148 días en razas cárnicas, mientras que en otro estudio realizado por Wing Ching (2017) obtuvo una EPP de 949 ± 146 días en razas cárnicas. A diferencia de los otros autores, Osorio y Segura (2010), obtuvieron una mayor EPP 1472 ± 15.9 días en Brahman y sus cruzas.

Cuadro 3. Medias de cuadrados mínimos y errores estándar, por época de nacimiento de la vaca.

Época	Raza					
	Brahman	Brangus Rojo	Charolais - Charbray	Gelbvieh	Santa Gertrudis	Simmental - Simbrah
Enero - marzo	1048.30 ±50.59^{a}	937.94 ± 8.23^{a}	990.93 ± 3.11^{a}	983.89 ± 27.30^{a}	1070.22 ± 15.58^{a}	963.3 ± 3.55^{a}
Abril - junio	1114.96 ± 82.61^{a}	924.31 ± 8.31^{b}	991.21 ± 2.98^{a}	907.28 ± 25.00^{a}	1045.89 ± 15.76^{b}	971.84 ± 3.55^{b}
Julio - septiembre	-	909.30 ± 8.61^{c}	980.27 ± 3.22^{b}	984.10 ± 44.75^{a}	1027.61 ± 16.96^{b}	972.55 ± 3.62^{b}
Octubre - diciembre	1113.46 ± 66.52^{a}	899.80 ± 9.01^{c}	981.43 ± 3.39^{b}	984.95 ± 51.05^{a}	1129.58 ± 18.02^{c}	973.50 ± 3.62^{b}

En el cuadro 3 el efecto de época no fue significativo para Brahman y Gelbvieh, mientras que para Charolais-Charbray, Brangus Rojo, Santa Gertrudis y Simmental- Simbrah si lo ($p<0.05$). En un estudio realizado por Vergara et al. (2010), obtuvieron menor EPP 996.93 ± 142.18 días en la época de octubre-diciembre, mientras que en la época de enero-marzo obtuvieron mayor EPP 1,170 ± 123 d., esto se debió a la escasez de forrajes y al manejo que le dieron a los animales.

Conclusiones

La caracterización de la edad al primer parto en razas bovinas destinadas a la producción de carne es un aspecto clave para evaluar la eficiencia productiva y reproductiva de un sistema ganadero. Existen diferencias significativas entre razas, influenciadas por factores genéticos, ambientales, nutricionales y de manejo. Las razas con menor edad al primer parto reducen el intervalo generacional y podrían aumentan la vida útil productiva de las hembras.

Referencias bibliográficas

1. Chin Colli, R.C.; Magaña, M.J.G., Segura, C.J.C., Núñez, D.R. (2012). Factores ambientales y proporción racial que influyen en el peso al nacimiento, al destete y edad al primer parto en bovinos suizo pardo en México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 15, núm. 1, 2012, pp. 55-60 Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
2. Parra, C.R.I. y Magaña, M.M.A. (2019). Technical-economic characteristics of tropical cattle production systems based on creole breeds introduced in Mexico. Ecosistemas y recursos agropecuarios. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Dirección de Investigación y Posgrado. vol. 6, núm. 18, pp. 535-547. DOI: https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2160.
3. Sánchez, G.J.I. (2019). Bovinos de carne. Zootecnia de bovinos productores de carne. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.
4. Veselá, Z., Brzáková, M., Čítek, J., Svitáková, A., & Vostrý, L. (2020). Genetic Parameters for Age at First Calving and First Calving Interval of Beef Cattle. Animals, 10(11), 2122. https://doi.org/10.3390/ani10112122
5. WingChing-, .R. (2017). Índices productivos y reproductivos de fincas de cría de ganado bovino de carne en la zona Sur de Costa Rica Cuadernos de Investigación UNED, vol. 9, núm. 2, pp. 247-256. Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. DOI: https://doi.org/10.22458/urj.v9i2.1899
6. Área: Mejoramiento y Recursos Genéticos

RENDIMIENTO DE LECHE DE VACAS HOLSTEIN PREDICHO POR APRENDIZAJE AUTOMÁTICO.

Aurelio Guevara-Escobar [1*], Vicente Lemus Ramírez [2], José Guadalupe García Muñiz [3]
Adolfo Kunio Yabuta Osorio [2]

[1] Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales.Boulevard de las Ciencias s/n, Juriquilla Querétaro. CP 76230.
[2] Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano. Tequisquiapan, Querétaro. CP 76790.
[3] Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia, Chapingo, Estado de México. CP 56230.

* Autor para correspondencia: guevara@uaq.mx

Palabras clave. curva de lactancia, modelación, simulación.

Introducción

La caracterización precisa de la curva de lactancia en el ganado lechero se ha vuelto esencial para el manejo del hato y la crianza de animales. La curva de lactancia es una ecuación matemática no lineal que describe el patrón de producción de leche de las vacas lecheras desde el parto hasta el secado. Estos modelos permiten identificar durante la lactancia temprana a vacas con rendimiento superior de leche (Innes et al., 2024). Sin embargo, no todas las poblaciones de vacas lecheras y sistemas de producción se ajustan a una curva de lactancia típica. Factores genéticos, fisiológicos, productivos y ambientales, y las interacciones entre ellos determinan la curva de lactancia (Trejo- Diaz et al., 2024). Por eso, es común modelar la curva de cada animal o grupos homogéneos de animales con base en genotipo, número de lactancia, sistema de producción, etc. En una segunda etapa de modelación se puede examinar el efecto de los factores sobre los parámetros de la curva (Li et al., 2022). La variación diaria en la producción de leche puede ser considerable incluso en vacas sanas; dificultando la predicción futura de leche (Græsbøll 2016). Los modelos complejos de curvas de lactancia ofrecen mayor flexibilidad al adaptarse a las desviaciones en la producción de leche causadas por factores particulares como enfermedades y el manejo, pero estos modelos requieren de bases de datos grandes para su calibración y su utilidad es limitada en hatos pequeños (Gong et al., 2025). Las funciones matemáticas ofrecen la oportunidad de interpretación biológica de los parámetros de la curva de lactancia, pero el error predictivo es importante para grupos de animales heterogéneos (Trejo- Diaz et al., 2024). Entre distintas funciones de uso común destaca el modelo de Wood. Una alternativa reciente son los modelos de aprendizaje automatizado, con gran capacidad predictiva, aunque con herramientas limitadas para interpretar el modelo y establecer el funcionamiento del modelo y cómo se obtuvo la solución.

En este trabajo se utilizó una base de datos pequeña de vacas en pastoreo para determinar la utilidad de un modelo de aprendizaje automático, utilizando variables de uso común en las bases de datos de establos: identificación de la vaca, número de parto, día de pesaje de leche y rendimiento de leche al pesaje. En la mayoría de los trabajos publicados sobre modelos de curva de lactancia, la identificación no suele ser importante para los propósitos buscados. Sin embargo, para el caso de la selección genética del ganado la identificación individual y los datos relacionados con su genealogía, adquieren mayor relevancia en función de la predicción específica del rendimiento productivo de individuos en particular. Para el caso de selección del ganado tiene sentido un modelo que haga uso del conjunto de datos de las vacas con el fin de predecir el rendimiento de cada vaca en particular, en el entendido que el modelo sólo será aplicable para el grupo de vacas modelado.

Materiales y métodos

Se consideraron 58 lactancias de 49 vacas Holstein-Friesian de hasta tercer parto, pertenecientes al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado a 20° 36’ 13.88” N y 99° 55’ 02.91” O, a una altitud de 1,913 metros. El clima es templado, con una precipitación media anual de 512 mm y una temperatura promedio de 17.5 °C, presentándose heladas de octubre a febrero, veranos cálidos e inviernos templados. Las vacas permanecieron en pastoreo rotativo de alfalfa. Los registros consistieron en pesaje de leche diario, siendo los promedios de rendimiento de leche 19.6 kg vaca^{-1} d^{-1}, días en lactancia

343 y 1.9 lactancias por vaca. La variable de respuesta fue el rendimiento diario de leche (kg d^{-1}) y las variables predictoras fueron el número de lactancia, la identificación de la vaca y el día de pesaje; las dos primeras variables se consideraron variables categóricas. La identificación de la vaca se codificó con una serie aleatoria de tres letras para descartar un efecto de artefacto en el modelo. La modelación se efectuó en R con el paquete H2O, entrenado el modelo con 80% de los datos y reservando el 20% para probar el modelo. La raíz del error cuadrático medio (RMSE) se usó como medida de bondad de ajuste para seleccionar el mejor modelo o ensamble de modelos entrenados por la función AutoML de H2O. Se obtuvieron los valores estimados de rendimiento de leche y se compararon contra los valores observados usando regresión lineal simple. El coeficiente de determinación (R^2) se usó para determinar la capacidad predictiva del modelo.

Resultados y discusión

Con un RMSE de 1.22 kg d^{-1}, el mejor modelo resultante fue un ensamble de modelos, esto es, una combinación de las predicciones de múltiples modelos individuales (aprendices base) para crear un modelo final más robusto y preciso. El orden de importancia de las variables en el modelo fue día de lactancia, identificación de la vaca y número de parto. Usando la base de datos reservada para probar el modelo se obtuvo una R^2 de 0.97 entre valores observados y predichos (Figura 1), indicando buen ajuste ($y = 1.00\ x$, $p < 0.0001$). En el ajuste no existió diferencia entre usar la etiqueta de identificación de la vaca y modificarla como caracteres aleatorios.

Los modelos de simulación suelen presentar una variación considerable en sus resultados debido al uso de numerosos parámetros derivados de distribuciones estocásticas, lo que puede afectar la aceptación de estos resultados por parte de agricultores, veterinarios y tomadores de decisiones (Græsbøll et al., 2016). Estos parámetros intentan representar la variabilidad individual, temporal, geográfica y de manejo (Gong et al., 2025). La modelación de la producción de leche y obtención de una curva de lactancia se simplifica con el enfoque de aprendizaje automatizado, más aún cuando se utilizaron como variables predictivas de fácil registro en los establos lecheros. Con el modelo generado se puede obtener el rendimiento a 305 d y usarlo para identificar a las vacas que deben ser seleccionadas o desechadas.

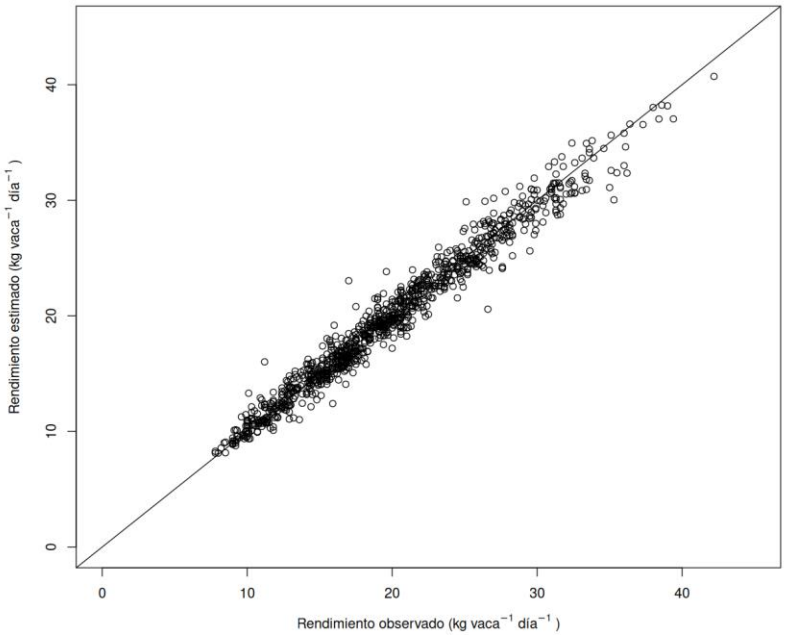


Figura 1. Modelo de regresión simple entre el rendimiento de leche observado y las estimaciones de rendimiento obtenidas con un ensamble de modelos proveniente de aprendizaje automático. Los datos corresponden a vacas Holstein-Friesian en pastoreo.

Conclusión

Un modelo de aprendizaje automático representa de manera fidedigna el rendimiento de leche de vacas Holstein-Friesian en pastoreo y hasta con tres lactancias. Este resultado es alentador como herramienta para la selección genética.

.

Referencias bibliográficas

1. Gong, Y., Hu, H., Reed, K. F., & Cabrera, V. E. (2025). Advancing dairy farm simulations: A two-step approach for tailored lactation curve estimation and its systemic impacts. *Journal of Dairy Science*. doi.org/10.3168/jds.2025-26334
2. Græsbøll, K., Kirkeby, C., Nielsen, S. S., Halasa, T., Toft, N., & Christiansen, L. E. (2016). Models to estimate lactation curves of milk yield and somatic cell count in dairy cows at the herd level for the use in simulations and predictive models. *Frontiers in Veterinary Science*, *3*, 115. doi: 10.3389/fvets.2016.00115
3. Innes, D. J., Pot, L. J., Seymour, D. J., France, J., Dijkstra, J., Doelman, J., & Cant, J. P. (2024). Fitting mathematical functions to extended lactation curves and forecasting late-lactation milk yields of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *107*(1), 342-358. doi.org/10.3168/jds.2023-23478
4. Li, M., Rosa, G. J. M., Reed, K. F., & Cabrera, V. E. (2022). Investigating the effect of temporal, geographic, and management factors on US Holstein lactation curve parameters. *Journal of Dairy Science*, *105*(9), 7525-7538. doi.org/10.3168/jds.2022-21882
5. Trejo-Díaz, L. E., Ruiz-López, F. D. J., Toledo-Alvarado, H. O., Durán-Aguilar, M., & García-Ruiz, A. (2024). Modeling lactation curves for milk production, fat and protein, and evaluation of factors that affect them in Holstein cattle in Mexico. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *15*(3), 483-500.doi.org/10.22319/rmcp.v15i3.6528

EFECTO INCLUIR EL COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD SOBRE LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS.

Adriana García-Ruiz*[1], Felipe de Jesús Ruiz-López[1]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP.

*Autor para correspondencia: garcia.adriana@inifap.gob.mx

Palabras clave: consanguinidad, confiabilidad.

Introducción

El coeficiente de consanguinidad (F) representa la probabilidad de que dos alelos sean idénticos por descendencia, convirtiéndose en un parámetro central en genética cuantitativa. En el caso del ganado bovino lechero, la acumulación de consanguinidad ha mostrado efectos negativos en parámetros productivos y reproductivos, como la disminución de rendimiento lechero, fertilidad y longevidad (Gutiérrez-Reinoso et al., 2022). En este contexto, evaluar cómo la inclusión de F en matrices de relaciones genéticas afecta la estimación de parámetros es fundamental para optimizar las evaluaciones genéticas.

La construcción de matrices de relación (ya sean con base en el pedigrí (A) o información genómica (G)), tradicionalmente considera la información de parentesco sin ajustar explícitamente por F. Sin embargo, estudios recientes recomiendan incorporar F directamente en la matriz inversa de relaciones aditivas (A^{-1}), lo que mejora la estimación de valores genéticos y su confiabilidad al evitar sesgos derivados de la variación en homocigosis (Aguilar et al., 2019). En bovinos lecheros, se ha observado que la inclusión de F como covariable o su inclusión en modelos mixtos usando el método de predicción BLUP, permite una estimación más certera del error predictivo, así como una estimación más precisa de la varianza genética. No obstante, persiste la controversia sobre la magnitud del efecto de F al integrarlo en matrices A o G y sobre cómo afecta la estimación de parámetros clave en evaluaciones (Gutiérrez-Reinoso et al., 2022).

Objetivos

Analizar si la inclusión del coeficiente de consanguinidad en la construcción de la matriz de relaciones genéticas (A) y genómicas (G) modifica los parámetros genéticos estimados en la población Holstein de México.

Materiales y métodos.

Este estudio incluyó 679,580 registros productivos de leche en Kg previamente ajustados a 305 días y equivalente de madurez, pertenecientes a 368,857 vacas de la raza Holstein, que contaban con información de 1 a 3 lactaciones. La información de pedigrí incluyó 469,266 animales, que estuvieron distribuidos en 353 hatos en 18 estados de la república mexicana nacidos entre 1979 y 2023.

Para componentes de la leche (grasa y proteína) en kilogramos y porcentaje, se incluyeron 218,462 registros previamente ajustados a 305 día, correspondientes a 415,077 animales y un archivo de pedigrí de 162,909 registros; mientras que, para conteo celular somático, se incluyó información de 184,884 registros correspondientes a 351,279 animales, con un pedigrí de 138,340 registros. La información fue proporcionada por la Asociación Holstein de México, A.C. (AHM).

La información genómica consistió en 9,001 genotipos de vacas y 621 genotipos de sementales, que contaban con información de 113,578 marcadores tipo SNP previamente imputados con FindHap V2 y que cumplieron el control de calidad genómico, que consistió en excluir los animales con call rate <0.95, SNP con frecuencia del alelo menor (MAF) < 0.05, o un valor de P para la prueba de equilibrio de Hardy Weinberg < 0.15. El control de calidad se realizó con el programa Pregsf90. La información genómica fue proporcionada por el CENIDFyMA-INIFAP.

Para la estimación de los componentes de varianza, se usó el método de Máxima Verosimilitud Restringida. Se usaron diferentes paqueterías del software +BLUPF90 (Misztal et al., 2018). Para la estimación de componentes de varianza, cuando se construyó la matriz A, se usó la paquetería de AIREML, y cuando se incluyó información genómica, se utilizó la metodología de un solo paso (ssGBLUP), que combina fenotipos, pedigrí y genotipos.

El modelo utilizado para la estimación de los componentes de varianza fue el siguiente;

$$y_{ijklmn} = \mu + HAE_i + EDAD_j + PE_k + SH_l + ANIMAL_m + e_{ijklmn}$$

Dónde y es la producción de leche en kg (PL). Los efectos fijos del modelo son; μ la media general para producción de leche, HAE_i el i-ésimo nivel de hato año estación, $EDAD_j$ el j-ésimo nivel de edad al parto en meses en cada lactación clasificada de 1 a 9 de acuerdo con su distribución. Los efectos aleatorios incluidos fueron: PE_k que es el k-ésimo nivel del ambiente permanente, SH_l es el l-ésimo nivel de la combinación semental-hato, $ANIMAL_m$ es el efecto del animal y e_{ijklmn} el efecto residual (Misztal et al., 2018). Se realizó la comparación de los componentes de varianza estimados con las dos metodologías (incluyendo y excluyendo F), considerando o no la inclusión de la información genómica,

Resultados

Los componentes de varianza estimados para las diferentes características (kilogramos de leche, grasa y proteína en kilogramos y porcentaje y puntuación de células somáticas), incluyendo o excluyendo F y con información genómica se encuentran en el cuadro 1, donde podemos observar que para características como producción de leche y grasa en kilogramos, mantuvieron el nivel de heredabilidad cuando se incluyó o no F; mientras que proteína en kilogramos, porcentaje de grasa y puntuación de células somáticas disminuyeron en 0.03, 0.01 y 0.08 puntos el nivel de heredabilidad cuando se incluyó F, observándose un comportamiento diferente para porcentaje de proteína, que incrementó en 0.1 puntos el nivel de heredabilidad al incluir F.

No se observaron diferencias en los resultados cuando se excluyó la información genómica, considerando F o sin incluirlo.

Cuadro 1. Componentes de varianza y heredabilidad para las características de producción de leche en kg (Leche), grasa y proteína en kilogramos (Kg) y porcentaje (%), y puntuación de células somáticas (CCS), incluyendo o no en la estimación de la consanguinidad (F), y la información genómica.

Parámetro	Leche	Kg Grasa	Kg Proteína	% Grasa	% Proteína	CCS
Sin incluir F						
Varianza Genética Aditiva	898100	1521	986	0.1068	0.02573	0.2433
Varianza de ambiente Permanente	938200	1246	837	0.02894	0.005402	0.1602
Varianza de semental hato	85750	92	74	0.004031	0.0007305	0.0435
Varianza residual	3249000	4341	3189	0.1089	0.03169	1.095
Varianza total	5171050	7200	5087	0.248671	0.0635525	1.542
Heredabilidad	0.17	0.21	0.19	0.43	0.40	0.16
Incluyendo F						
Varianza Genética Aditiva	903040	1451	764	0.10188	0.025531	0.08053
Varianza de ambiente Permanente	940910	1348	1087	0.03469	0.006118	0.19861
Varianza de semental hato	85808	88	64	0.00291	0.000573	0.00519
Varianza residual	3248500	4178	3013	0.10375	0.030174	0.72435
Varianza total	5178258	7067	4929	0.24323	0.062396	1.00868
Heredabilidad	0.17	0.21	0.16	0.42	0.41	0.08

Discusión

Para la estimación de los componentes de varianza es necesaria la construcción de la matriz de relaciones aditivas, representadas por las matrices A, G ó H, dependiendo de la información que se utilice como es la de pedigrí, genómica o la combinación de ambas, matriz en las que se representa la relación de un individuo consigo mismo, que es 1+*F*. En otras poblaciones, se ha observado que la inclusión del coeficiente de consanguinidad no cambia la estimación de parámetros genéticos (Fioretti, 2002), como sucedió para producción de leche y grasa en la población de estudio; sin embargo, para otras características como

proteína (en kg o porcentaje), grasa en porcentaje, se observó un cambio mínimo; mientras que para CCS la disminución de la heredabilidad fue de un 50%. Los mayores efectos de incluir F en los modelos genéticos se han encontrado en el cálculo de la confiabilidad, ya que F ayuda a mejorar las predicciones, evitando sobre o subestimar las confiabilidades. El impacto que éste ajuste pueda tener en la población, va a depender del nivel de consanguinidad de cada individuo y se verá el efecto general en la población, dependiendo de la fuente de información que se use para estimar.

Se considera que la inclusión de la información genómica no tuvo impacto en la estimación de parámetros genéticos debido a la baja proporción de individuos que tienen esta fuente de información en la población; además de que las relaciones de pedigrí habían sido corroboradas con información genómica.

Los resultados encontrados son clave, ya que los parámetros genéticos son la base para el cálculo de valores genéticos, selección genética y la eficacia de los programas de mejoramiento genético animal. Medir el impacto de F sobre la estimación de parámetros genéticos contribuirá a robustecer las evaluaciones genéticas y promover prácticas de apareamiento más eficientes y sostenibles en bovinos lecheros.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Asociación Holstein de México por la información proporcionada.

Referencias bibliográficas

1. Aguilar, I., Fernandez, E. N., Blasco, A., Ravagnolo, O., & Legarra, A. (2020). Effects of ignoring inbreeding in model-based accuracy for BLUP and SSGBLUP. Journal of animal breeding and genetics, 137(4), 356-364.
2. Fioretti, M., Rosati, A., Pieramati, C., & Van Vleck, L. D. (2002). Effect of including inbreeding coefficients for animal and dam on estimates of genetic parameters and prediction of breeding values for reproductive and growth traits of Piedmontese cattle. Livestock Production Science, 74(2), 137-145.
3. Gutiérrez-Reinoso, A., Aponte, L. W., Cabezas, M. D., Rodríguez-Álvarez, M., & García-Herreros, S. (2020). A review of inbreeding depression in dairy cattle: Current status, emerging control strategies, and future prospects. Journal of Dairy Research, 89(1), 3-12.
4. Misztal, I., S. Tsuruta, D. A. L. Lourenco, Y. Masuda, I. Aguilar, A. Legarra, Z. Vitezica. 2018. Manual for BLUPF90 family programs. University of Georgia.Pryce, J. E., Gonzalez-Recio, O., Nieuwhof, G., Wales, W. J., Coffey, M. P., Hayes, B. J., & Goddard, M. E. (2015). Hot topic: Definition and implementation of a breeding value for feed efficiency in dairy cows. Journal of Dairy Science, 98(10), 7340-7350.

DIVERSIDAD GENÉTICA DE SNP ASOCIADOS A CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMIENTO EN GANADO BOVINO CRIOLLO DE NAYARIT Y BAJA CALIFORNIA SUR.

César Gilberto Luna-Azuara[1], Moisés Montaño-Bermúdez[2]*, Noe de Jesús Medina Córdova[2], René Calderón-Chagoya[2], Vicente Eliezer Vega-Murillo[1]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

*Autor para correspondencia: montano.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: SNP, genómica, bienestar animal.

Introducción

En México existen poblaciones de ganado bovino Criollo descendientes de los primeros animales que se introdujeron al país durante la Colonia. Tales poblaciones se han adaptado al ambiente y se caracterizan por su rusticidad, adaptabilidad y mansedumbre, lo que refleja niveles importantes de diversidad genética (Martínez-Velázquez et al., 2021).

La identificación de variantes genéticas y mecanismos moleculares que afectan el comportamiento ha cobrado interés últimamente, ya que se ha demostrado que tiene un efecto directo en las características de producción, por lo que se han empleado herramientas genómicas, como los polimorfismos de un solo nucleótido (por sus siglas en inglés, SNP), para conocer la estructura y diversidad genética relacionada con dichas características. Estudios previos han descrito la variabilidad genética para la producción de carne y leche, pero pocos han trabajado sobre la relación con el comportamiento, de confirmar asociaciones fuertes entre marcadores moleculares y dichas características, podrían implementarse como un criterio de selección enfocado en el bienestar y la producción animal (Yin et al., 2019).

Debido a lo anterior el objetivo del presente estudio fue estimar diversidad genética mediante frecuencias alélicas de SNP asociados características de comportamiento en dos poblaciones de ganado bovino Criollo de México.

Materiales y métodos

Se tomaron muestras sanguíneas de 118 bovinos provenientes de los estados de Nayarit y Baja California Sur, 48 y 70, respectivamente. Las cuales se tomaron de la vena coccígea, se colocaron en tarjetas FTA Elute de la empresa Neogen® y fueron enviadas a temperatura ambiente al laboratorio GENESEEK en Lincoln, Nebraska, donde se realizó la extracción de ADN y obtención de genotipos. Los cuales se obtuvieron mediante el panel Bovine Genotyping Beadchip de 777,962 SNP (Geneseek® genomic profiler bovine TM 777K) mediante la plataforma Illumina.

Se seleccionaron 20 marcadores moleculares de literatura donde han sido relacionados, mediante análisis de asociación de genoma completo (GWAS), a características de agresividad, cuidado materno, prueba de objetos nuevos, rumia y tiempo de inactividad. Dichos SNP se sometieron a un control de calidad, donde se eliminaron aquellos con una tasa de llamada <0.95, frecuencia de alelo menor <0.01 y prueba de Equilibrio Hardy-Weinberg $<10^{-6}$. De igual manera los individuos genotipados con una tasa de llamada menor a 0.95 también fueron descartados.

Las frecuencias alélicas y genotípicas, heterocigocidad observada (Ho), esperada (He) y la prueba de equilibrio Hardy-Weinberg (EHW) de los SNP se estimaron directamente de los genotipos observados de los animales genotipados. Adicionalmente se estimó el Índice de Fijación de Wright (FST) para probar diferencias entre ambas poblaciones. Todos los análisis se llevaron a acabo en el software PLINK v1.9.

Resultados y discusión

De los 118 animales y 20 SNP seleccionados, 117 y 19 pasaron el control de calidad, respectivamente. En promedio las frecuencias de alelo mayor en ambas poblaciones fueron de 0.77, presentando un máximo de 0.99 y mínimo de 0.52. En el Cuadro 1 se presentan las frecuencias alélicas y valores de FST para cada uno de los marcadores moleculares en ambas poblaciones.

Cuadro 1. Frecuencias alélicas y valores de FST para cada SNP asociados a características de comportamiento animal en dos poblaciones de ganado bovino Criollo de México.

Característica	SNP	Cromosoma	Estado	p*	q**	FST
Prueba de objetos nuevos	BTA-122016-no-rs	3	Nayarit BCS⁺	0.70 0.82	0.30 0.18	0.09
Agresividad	ARS-BFGL-NGS-43857	6	Nayarit BCS	0.57 0.62	0.43 0.38	0.00
Cuidado materno	BTB-01115580	8	Nayarit BCS	0.72 0.90	0.28 0.10	0.05
Prueba de objetos nuevos	Hapmap31150-BTA-152385	10	Nayarit BCS	0.99 0.89	0.02 0.11	0.14
Rumia	BTB-01638234	11	Nayarit BCS	0.66 0.61	0.34 0.39	0.07
Prueba de objetos nuevos	Hapmap48681-BTA-19661	12	Nayarit BCS	0.84 0.78	0.16 0.22	0.01
Poca actividad	Hapmap60738-rs29023086	13	Nayarit BCS	0.99 0.99	0.01 0.01	0.00
Agresividad	ARS-BFGL-BAC-32128	17	Nayarit BCS	0.76 0.71	0.24 0.29	0.00
Agresividad	ARS-BFGL-NGS-87412	17	Nayarit BCS	0.64 0.75	0.36 0.25	0.01
Rumia	ARS-BFGL-NGS-104430	17	Nayarit BCS	0.91 0.91	0.09 0.09	0.07
Prueba de objetos nuevos	Hapmap38959-BTA-44727	19	Nayarit BCS	0.54 0.63	0.46 0.37	0.00
Agresividad	BTB-00798805	20	Nayarit BCS	0.80 0.67	0.20 0.33	0.00
Prueba de campo abierto	BTA-12468-no-rs	21	Nayarit BCS	0.84 0.75	0.16 0.25	0.04
Prueba de campo abierto	Hapmap47669-BTA-59022	24	Nayarit BCS	0.52 0.70	0.48 0.30	0.11
Agresividad	ARS-BFGL-NGS-38363	25	Nayarit BCS	0.86 0.84	0.14 0.16	0.07
Agresividad	Hapmap35185-BES3_Contig288_1358	26	Nayarit BCS	0.89 0.73	0.11 0.27	0.00
Rumia	ARS-BFGL-NGS-13449	27	Nayarit BCS	0.86 0.73	0.14 0.27	0.07
Rumia	ARS-BFGL-NGS-24800	29	Nayarit BCS	0.64 0.53	0.36 0.47	0.00
Rumia	ARS-BFGL-NGS-81862	29	Nayarit BCS	0.80 0.91	0.20 0.09	0.00

p*: frecuencia de alelo mayor; q**: frecuencia de alelo menor; BCS⁺: Baja California Sur.

El SNP con frecuencia de alelo mayor de 0.99 en ambas poblaciones está relacionado con el tiempo de descanso o poca actividad, lo cual según Tucker et al. (2021) es un factor crucial para salud y bienestar en los bovinos. Además, se relaciona con la rumia, otra de las características relacionadas a SNP con frecuencias alélicas altas, como el marcador ARS-BFGL-NGS-104430, con frecuencias de 0.91 en ambas poblaciones. Yin et al. (2019) menciona que, aunque la rumia está influenciada por el ambiente, ya que presenta heredabilidades bajas, seleccionar animales que presenten frecuencias altas para dicha característica, pueden contribuir en mayor eficiencia alimentaria y rentabilidad de los sistemas de producción.

Otro de los marcadores con frecuencias altas de 0.99 y 0.89, en la población de Nayarit y Baja California Sur, respectivamente, fue el SNP Hapmap31150-BTA-152385, asociado a la prueba de objetos nuevos. La cual señala que introducir objetos, animales o personas en determinados ambientes, puede operar como estresor para el animal al modificar el flujo de movimiento del ambiente al que está acostumbrado (Yin et al., 2019).

La característica de agresividad no es deseable en los diferentes sistemas de producción; Behren et al. (2023) señala que en los sistemas de lechería intensiva las vacas agresivas, dominantes o temperamentales detienen el flujo en el ordeño automático, por lo que son desechadas. En el presente estudio los SNP asociados a la agresividad tuvieron frecuencias bajas en ambas poblaciones, lo cual podría estar relacionado con la docilidad del ganado Criollo.

No se encontraron diferencias entre los valores de He y Ho, por lo tanto, la prueba de EHW no resultó significativa ($p > 0.05$) para ninguno de los marcadores moleculares en ambas poblaciones. El promedio de heterocigosis fue de 0.30 en todos los animales, diferente a lo reportado por Hay y Roberts (2023), con valores de 0.47, 0.41 y 0.36 en Angus x Hereford, Angus y Hereford, respectivamente. Las diferencias con el presente estudio pueden deberse a que las poblaciones de ganado Criollo se han mantenido aisladas por muchos años lo que no ha permitido cruzamientos con otras razas, aumentando los niveles de homocigosis y disminuyendo la heterocigosis.

Con un promedio de 0.04, el FST indicó poca diferenciación entre las poblaciones. A pesar de que son poblaciones de diferentes estados estos resultados podrían deberse a que son genéticamente similares por su origen en común.

Conclusiones

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas entre ambas poblaciones, existe diversidad genética para SNP asociados a características de comportamiento. En ambas poblaciones las frecuencias alélicas fueron altas en la mayoría de los SNP asociados a características de comportamiento, sin embargo, esto no asegura la expresión dichas características. Por lo que es indispensable contar con fenotipos que puedan confirmar su relación mediante un estudio GWAS y poder identificar genes que estén involucrados en su expresión y de esta manera utilizar las diferentes poblaciones de ganado bovino Criollo de México en sistemas de cruzamiento.

Agradecimiento y fuente financiadora

Los autores agradecemos a los propietarios de los individuos estudiados.

Referencias bibliográficas

1. Behren, L.E., König, S. and May, K. (2023). Genomic selection for dairy cattle behavior considering novel traits in a changing technical production environment. Genes, 14: 1-31.
2. Hay, E.H. and Roberts, A. (2023). Genomic analysis of heterosis in Angus x Hereford cattle population. Animals, 13, 191: 1-1o.
3. Martínez-Velázquez, G., Ríos-Utrera, Á., Palacios-Fránquez, J.A., Vega-Murillo, V.E. y Montaño-Bermúdez, M. (2021). El ganado bovino Criollo Coreño del occidente de México en la producción de carne: caracterización, retos y perspectivas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12:23-38.
4. Tucker, C.B., Jensen, M.B., de Pasillé, A.M., Hanninen, L. and Rushen, J. (2021). Invited review: Lying time and welfare of dairy cows. Journal of Dairy Science, 104:20-46.
5. Yin, T., Jaeger, M., Scheper, C., Grodkowski, G., Sakowski, T., Klopčič, M., Bapst, B. and König, S. (2019). Multi-breed genome-wide association studies across countries for electronically recorded behavior traits in local dual-purpose cows. PLoS ONE, 14(10): 1-23.

EFECTO DEL GRUPO GENÉTICO DE LAS ABEJAS SOBRE LA EXPRESIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ACICALAMIENTO.

Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco[1*], Laura Yavarik Alvarado-Avila[1], Francisco Javier Ramírez-Ramírez[1], Claudia García Figueroa[1,2]

[1]CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
[2]Faculty of Science, University of Alberta

*Autor para correspondencia: arechavaleta.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: abejas melíferas, grupo genético, comportamiento de acicalamiento

Introducción

La varroosis es una parasitosis ocasionada por el ácaro *Varroa destructor* y es el principal problema que enfrenta la apicultura a nivel mundial, ya que este ácaro representa una seria amenaza para la supervivencia de las abejas melíferas y afecta la producción de miel de las colonias.

Las abejas tienen mecanismos de resistencia contra el crecimiento poblacional de *Varroa destructor*, estos mecanismos incluyen el comportamiento de acicalamiento, el comportamiento higiénico, la atracción diferencial de la cría de obrera y de las abejas adultas al ácaro, un periodo de desarrollo de la cría más corto después de ser operculada y factores de las abejas que afectan la fertilidad y reproducción del ácaro. Un estudio que se realizó en México, encontró que el comportamiento de acicalamiento es el principal mecanismo de resistencia contra el crecimiento poblacional de *Varroa destructor* en las colonias (Arechavaleta-Velasco y Guzmán-Novoa, 2001).

El comportamiento de acicalamiento es un mecanismo de defensa en donde las abejas obreras remueven a los ácaros de su cuerpo. Este comportamiento se divide en dos tipos de comportamiento: el autoacicalamiento y el aloacicalamiento. En el autoacicalamiento una abeja obrera utiliza principalmente las patas y en menor medida las mandíbulas para remover a un ácaro que se encuentra sobre su cuerpo. En el aloacicalamiento las abejas obreras utilizan principalmente las mandíbulas para remover a los ácaros que se encuentran sobre el cuerpo de otra abeja.

El comportamiento de acicalamiento se puede medir a nivel de toda la colonia de abejas o bien a nivel de abejas individuales. A nivel de la colonia, el comportamiento de acicalamiento se mide a través de las lesiones que ocasionan las abejas al removerlas con las mandíbulas. A nivel de abejas individuales el comportamiento de acicalamiento se mide a través del tiempo que tarda una abeja en responder realizando el comportamiento de acicalamiento después de que se coloca un ácaro sobre su cuerpo en forma artificial. Existen estudios que indican que las abejas africanizadas tienen una mayor expresión de comportamiento acicalamiento a nivel individual y a nivel de colonia que las abejas europeas (Invernizzi *et al*., 2016; Aumier 2001). Asimismo, existen estudios que indican que no hay diferencias en la expresión del comportamiento de acicalamiento a nivel colonia entre abejas africanas y abejas europeas (Nganso *et al*., 2017).

El objetivo de este estudio fue determinar si existe un efecto del grupo genético de las abejas sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento de abejas individuales.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio se estableció una población experimental de 40 colonias de abejas que estaba formada por 15 colonias de origen genético europeo, 15 colonias de origen genético híbrido y por 10 colonias de origen genético africanizado. Las colonias de abejas estaban ubicadas en un solo apiario y recibieron el mismo manejo durante el desarrollo del estudio.

Se evaluó el comportamiento de acicalamiento de 30 abejas obreras de cada colonia, utilizando un método que mide el comportamiento a nivel de abejas individuales. Para medir el comportamiento de acicalamiento se utilizó un panal de observación, elaborado con un bastidor de alza con cera estampada, cubierto por un panel de acrílico. Cada abeja se introdujo dentro del panal de observación y, con un pincel, se le colocó un ácaro vivo sobre el tórax. Con ayuda de un cronómetro, se midió el tiempo que le tomó a cada abeja expresar el comportamiento de acicalamiento después de colocar el ácaro sobre su cuerpo.

A partir de los registros de las 30 abejas obreras que se evaluaron de cada colonia, se estimó el comportamiento de acicalamiento promedio para cada colonia de abejas.

Para determinar si existe un efecto del grupo genético sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza bajo un modelo lineal simple. Para identificar diferencias entre las medias de los grupos se utilizó una prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Se encontró que el grupo genético de las abejas no tuvo un efecto sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento. No se encontraron diferencias en el tiempo promedio en que las abejas reaccionaron expresando el comportamiento de acicalamiento después de colocarles un ácaro sobre el cuerpo entre las colonias de abejas de los tres grupos genéticos que se incluyeron en el estudio ($F=0.18$; $gl=2, 39$; $P>0.05$). Las colonias de abejas del grupo genético europeo tuvieron un tiempo promedio de reacción de 24.30±2.34 segundos, las colonias de abejas del grupo genético híbrido tuvieron un tiempo promedio de reacción de 23.17±2.07 segundos, y las colonias de abejas del grupo genético africanizado tuvieron un tiempo promedio de reacción de 22.42±2.53 segundos (Figura1).

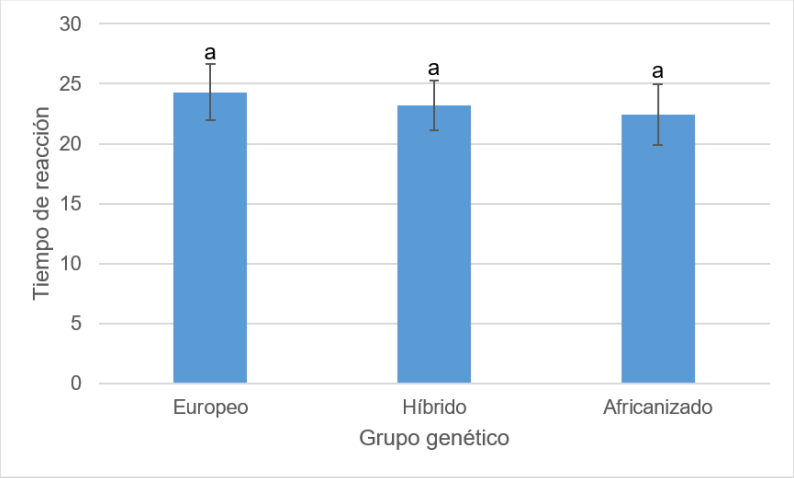


Figura 1: Tiempo promedio de reacción de las colonias de abejas del grupo genético europeo, híbrido, y africanizado. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en un análisis de varianza y una prueba de Tukey ($P>0.05$).

No se encontró que el grupo genético de las abejas tenga un efecto sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento. El tiempo en que reaccionaron las abejas realizando el comportamiento de acicalamiento después de colocar un ácaro sobre sus cuerpos, fue similar para las abejas de origen genético europeo, híbrido y africanizado. Estos resultados sugieren que las abejas de los tres grupos genéticos tienen la misma capacidad para expresar el comportamiento de acicalamiento.

Los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por Nganso *et al*., (2017) quienes no encontraron diferencias en la expresión del comportamiento de acicalamiento entre abejas de origen genético europeo y abejas de origen genético africanizado. Sin embargo, los resultados de este estudio son diferentes a lo reportado por otros estudios en donde sí se encontraron diferencias en la expresión del comportamiento de acicalamiento entre los grupos genéticos europeo y africanizado (Invernizzi *et al*., 2016; Aumier 2001)

Conclusiones

El grupo genético de las abejas no tiene efecto sobre la expresión del comportamiento de acicalamiento de abejas individuales. Las abejas del grupo genético europeo, del grupo genético híbrido y del grupo genético africanizado tiene la misma capacidad para expresar el comportamiento de acicalamiento a nivel de abejas individuales.

.

Referencias bibliográficas

1. Arechavaleta-Velasco ME, Guzmán-Novoa E. Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite Varroa destructor in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. Apidologie 2001;32:157–174.
2. Aumeier P. Bioassay for grooming effectiveness towards *Varroa destructor* mites in Africanized and Carniolan honey bees. Apidologie 2001 32(1), 81-90.
3. Invernizzi C, Zefferino I, Santos E, Sánchez L, Mendoza Y. Multilevel assessment of grooming behavior against *Varroa destructor* in Italian and Africanized honey bees, J Apic Res 2016; *54*(4), 321-327.
4. Nganso BT, Fombong AT, Yusuf AA, Pirk CW, Stuhl C, Torto B. Hygienic and grooming behaviors in African and European honeybees—New damage categories in *Varroa destructor*. PLoS One 2017;12(6).

EFECTO DEL ORIGEN GENÉTICO DE LAS ABEJAS SOBRE LOS NIVELES DE INFESTACIÓN DE *Varroa destructor.*

Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco[1*], Francisco Javier Ramírez-Ramírez[1], Laura Yavarik Alvarado-Avila[1], Claudia García Figueroa[1,2]

[1]CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
[2]Faculty of Science, University of Alberta

*Autor para correspondencia: arechavaleta.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: origen genético abejas, *Varroa destructor*, niveles de infestación

Introducción

La varroosis es una parasitosis externa de las abejas ocasionada por el ácaro *Varroa destructor* y es el principal problema sanitario que enfrenta la apicultura a nivel mundial, ya que representa una seria amenaza para la supervivencia de las abejas melíferas y para la producción de miel.

Varroa destructor es vector de algunos de los virus que afectan a las abejas, es un factor importante para el desarrollo de otras enfermedades, se sabe que suprime la respuesta inmune de las abejas y está involucrado en la pérdida masiva de colonias que ha sido reportada en los últimos años en algunas partes del mundo.

Algunos estudios indican que las abejas africanizadas son menos susceptibles que las abejas europeas a *Varroa destructor*. Estudios desarrollados en México encontraron que las colonias europeas tienen porcentajes de infestación de *Varroa destructor* más altos que las colonias de abejas africanizadas (Medina-Flores *et al*., 2014; Ramos-Cuellar *et al*., 2022).

Sin embargo, existen estudios que indican que no hay diferencias en los niveles de infestación del ácaro entre abejas africanizadas y abejas europeas (Camazine,1986)

El objetivo de este trabajo fue evaluar a nivel poblacional el efecto que tiene el origen genético de las abejas sobre la prevalencia de la varroosis y los niveles de infestación de *Varroa destructor* en las colonias de abejas.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del estudio se utilizó una población de 1134 colonias de abejas de 214 apiarios que estaban ubicados en el estado de Morelos. De cada una de las colonias se obtuvo una muestra de aproximadamente 200 abejas obreras en frascos con alcohol al 70%.

El origen genético de las colonias de abejas, se determinó por medio del morfotipo de las abejas obreras utilizando el método FABIS I (*Fast Africanized Bee Identification System*). Las colonias en donde la longitud promedio del ala anterior de las abejas obreras fue mayor o igual a 9.095 mm se clasificaron como europeas, las colonias con un promedio del ala anterior menor o igual a 8.950 mm se clasificaron como africanizadas, y las colonias con un promedio del ala anterior entre 8.951 y 9.094 mm se clasificaron como híbridas.

Para estimar el porcentaje de infestación de *Varroa destructor* de cada colonia, los frascos que contenían las muestras de abejas en alcohol se agitaron utilizando un agitador mecánico de laboratorio durante 15 minutos para desprender a los ácaros del cuerpo de las abejas, al finalizar este proceso, el contenido del frasco se depositó en un recipiente de color blanco, utilizando unas pinzas de disección se separaron y contaron tanto las abejas como los ácaros presentes en la muestra.

Para determinar el nivel de infestación promedio de *Varroa destructor* en las colonias, se dividió el número de ácaros presentes en la muestra entre el número de abejas que había en la muestra y se multiplico este valor por 100. Se estimó el nivel de infestación de *Varroa destructor* promedio para toda la población y para cada grupo genético.

Para determinar si el origen genético de las abejas influye sobre los niveles de infestación del ácaro, se compararon los porcentajes de infestación en las colonias de los diferentes orígenes genéticos utilizando un análisis de varianza bajo un modelo aleatorio simple. Para identificar diferencias entre las medias de los grupos se utilizó la prueba de Tukey.

.

Resultados y discusión

El nivel de infestación promedio en las 1134 colonias fue de 3.79±0.14%, con un porcentaje mínimo de infestación de 0.0% y un máximo de 40.46%.

Se determinó el origen genético de las 1134 colonias, la frecuencia de colonias con origen genético africanizado fue 0.28 (n=320), la frecuencia de colonias con origen genético europeo fue 0.35 (n=396) y la frecuencia de colonias con origen genético híbrido o intermedio fue 0.37 (n=418).

No se detectaron diferencias en el nivel de infestación promedio de *Varroa destructor* entre los grupos genéticos (F=0.03; df=2,892; P>0.05). El porcentaje de infestación de las colonias con origen genético africanizado fue de 5.56±0.49, el de las colonias con origen genético europeo fue 5.43±0.32, y el porcentaje promedio de las colonias con origen genético híbrido o intermedio fue 5.50±0.32 (Figura 1).

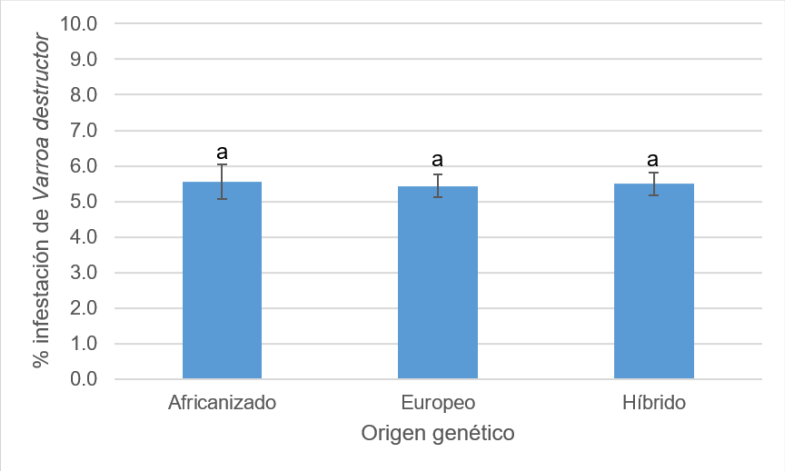


Figura 1: Porcentaje de infestación de *Varroa destructor* en colonias de abejas con origen genético africanizado, europeo, e híbrido. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en un análisis de varianza y una prueba de Tukey (P>0.05).

Se encontró que el origen genético de las abejas no tiene efecto sobre los niveles de infestación de las colonias, los porcentajes de infestación promedio de las colonias africanizadas, europeas e híbridas fueron similares, lo que sugiere que los tres grupos genéticos son igual de susceptibles al crecimiento poblacional del ácaro. Los porcentajes de infestación promedio de *Varroa destructor* estimados en este estudio fueron bajos, es posible que esto influya en la capacidad para detectar diferencias entre los tres grupos raciales; sin embargo, Moretto *et. al.* (1991) reportan diferencias entre abejas africanizadas y europeas aun con niveles de infestación bajos.

Estos resultados coinciden con los resultados de Camazine (1986), pero difieren de lo reportado por Medina-Flores *et al*., (2014) y por Ramos-Cuellar *et al*., (2022), quienes encontraron diferencias entre colonias con origen genético y africanizado. En estos dos estudios se realizaron en poblaciones abiertas de 300 y 365 colonias respectivamente y se incluyeron únicamente colonias de origen genético europeo y africanizado. En el presente estudio se realizó en una población abierta de 1134 colonias, un número mayor de colonias que en los otros dos estudios y se incluyeron colonias de origen genético europeo, africanizado e hibrido.

Los resultados de este estudio sugieren que la resistencia al crecimiento poblacional de *Varroa destructor* no está ligada a un grupo racial de abejas en particular. La tolerancia de las colonias a este ácaro depende de la expresión de los mecanismos que les confieren resistencia a las abejas contra el ácaro, de tal forma que, dentro de los tres grupos raciales, existen colonias que expresan o no estos mecanismos y en consecuencia existen colonias que son resistentes y colonias que no lo son.

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que el origen racial de las abejas no tiene un efecto sobre sobre los niveles de infestación del ácaro en las colonias de abejas.

.

Referencias bibliográficas

1. Camazine S. Differential reproduction of the mite, *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae), on Africanized and European honey bees (Hymenoptera: Apidae). Ann Entomol Soc Am 1986;79(5):801-803.
2. Medina-Flores CA, Guzmán-Novoa E, Hamiduzzaman MM, Aréchiga-Flores CF, López-Carlos MA. Africanized honey bees (*Apis mellifera*) have low infestation levels of the mite *Varroa destructor* in different ecological regions in Mexico. Genet Mol Res 2014;13,7282–7293.
3. Moretto G, Gonçalves LS, De Jong D, Bichuette MZ. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. Apidologie 1991;22:197-203.
4. Ramos-Cuellar AK, De la Mora A, Contreras-Escareño F, Morfin N, Tapia-González JM, Macías-Macías JO, Petukhova T, Correa-Benítez A, Guzmán-Novoa E. Genotype, but not climate, affects the resistance of honey bees (*Apis mellifera*) to viral infections and to the mite *Varroa destructor*. Vet Sci 2022; 9,358.

DESCRIPCIÓN DE CORRIDAS DE HETEROCIGOSIDAD EN LA POBLACIÓN HOLSTEIN DE MÉXICO.

Luis Enrique Trejo-Diaz*[1], Adriana García-Ruiz[2], Felipe de Jesús Ruiz-López[2], Hugo Oswaldo Toledo-Alvarado[1]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal-INIFAP,

*Autor para correspondencia:luisendi_green@hotmail.com

Palabras clave. niveles de heterocigosidad, ganado Holstein, marcadores moleculares.

Introducción

La evaluación y desarrollo de estrategias dirigidas a mantener la diversidad genética ha tomado relevancia en animales de producción, esto debido a los niveles elevados de consanguinidad, sus repercusiones y la reducción del tamaño efectivo de la población a causa de los programas de selección usados en los sistemas de crianza intensivos (Mulim et al., 2022, 2024).

Las corridas de heterocigosidad (ROHet) son regiones en el genoma con alta variabilidad que están bajo selección desequilibradora o en zonas con una alta tasa de recombinación, ya que el bajo desequilibrio de ligamiento conduce a una alta diversidad. Esto proporciona información sobre la diversidad poblacional, la historia evolutiva de una especie y la identificación de regiones del genoma en las que se mantiene una mayor diversidad genética que puedan ser beneficiosas, así como disminuir la frecuencia de mutaciones recesivas letales (Mulim et al., 2022; Szmatoła et al., 2023).

El objetivo de este trabajo fue identificar y caracterizar las corridas de heterocigosidad en ganado Holstein en México.

Materiales y métodos

La información utilizada en este estudio incluyó 12,161 animales de ganado Holstein de México. Para cada individuo se contó con 116,204 marcadores moleculares tipo Polimorfismo de un solo nucleótido (SNP) que se encuentran distribuidos en los 29 autosomas. Para el control de calidad se removieron marcadores y animales con una tasa de llamado menor al 0.9 para ambos, frecuencia del alelo menor de 0.15 y un valor de p para la prueba de Hardy-Weinberg 0.001.

Para la identificación de ROHet se empleó la metodología de detección de corridas consecutivas basadas en SNP propuesto por Mulim et al., (2024), en el cual, el genoma es revisado marcador por marcador para la detección de corridas heterocigóticas. Esta metodología fue implementada con el paquete detectRUNS de R 4.5.1 (Biscarini et al., 2019). Se emplearon los siguientes parámetros para la detección de ROHets: 15 SNP consecutivos, longitud mínima de 10,000 KB, brecha máxima permitida dentro de cada ROHet de 5000,000 Kb, no se permitieron SNP homocigotos, y un máximo de 1 SNP perdido por corrida. Las ROHet encontradas se dividieron de acuerdo con su longitud de Mb en 4 categoría de rangos: 1) 0-0.5, 2) 0.5-1, 3) 1-2 y 4) 2 -4. De acuerdo con la frecuencia de ROHet en la población de estudio, se incluyeron las totales, que se encuentran en toda la población y pueden ser repetidas (presentes en más de un animal) o únicas (sólo presentes en un individuo de la población).

Resultados y discusión

Se encontraron 244,278 ROHet repetidas y 7,047 ROHet únicas en la población Holstein de México.

En el cuadro 1 se observa la distribución de las ROHet repetidas por longitud, obteniendo la mayor frecuencia en las corridas cortas (0-0.5 Mb). En la figura 1 se observa la distribución de las ROHet repetidas y únicas en cada uno de los cromosomas. La figura 2 muestra la longitud promedio de ROHet por cromosoma.

Cuadro 1. Distribución de ROHet repetidas

Categoría (Mb)	Frecuencia	%
0-0.5	201,743	82.59
0.0-1	36,900	15.11
1-2	5,307	2.17
2-4	328	0.13

Figura 4. Frecuencia de ROHet por cromosoma por tipo de frecuencia en la población, que pueden ser únicas (sólo están presentes en un animal) o repetidas (cuando están en más de un animal en la población)

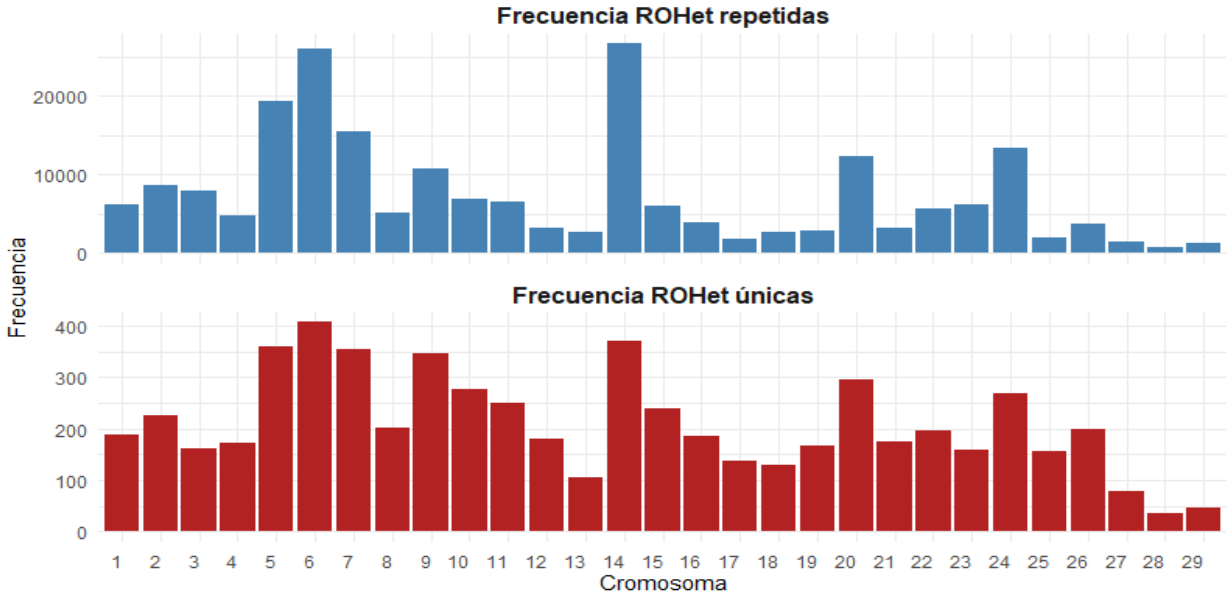
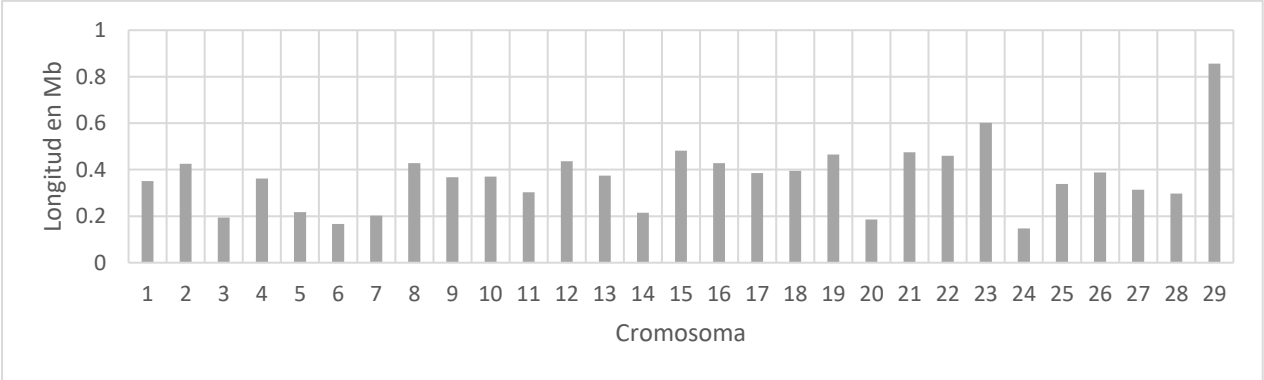


Figura 2. Longitud promedio de ROHet por cromosoma.



Autores como Mulim et al., (2022) encontraron 3,576 ROHet únicas en una población brasileña de 7 razas bovinas. Este número de ROHhet observado en las 7 razas es menor que el encontrado en la población mexicana, y puede deberse a que limitaron la cantidad mínima de SNP permitidos por corridas a 20, contra los 15 que se usaron en este estudio. Al buscar ROHet más extensos disminuye la cantidad de corridas por cromosoma. También reportan que el 45.13 % de las corridas detectadas son menores a 0.5 Mb, y solo el 1 % tiene una longitud mayor a 2 Mb. Estos resultados tienen similitud con los de la población Holstein mexicana, indicando que la gran mayoría de las corridas son cortas.

Por otra parte, Szmatoła et al., (2023) reportaron 81,941 ROHet repetidas en ganado bovino en Estados Unidos. Una de las causas de la diferencia con la población en México fue la densidad de los chips. En la población estadounidense contaron con 54,609 SNP. Al tener menor densidad de los genotipos se limita la capacidad para detectar corridas, lo que puede explicar la menor cantidad. Adicionalmente, el número mínimo de SNP permitido por corrida que usaron fue de 30. Al buscar corridas más extensas, disminuye la cantidad de ROHet que pueden ser detectadas. Los resultados en cuestión de longitud coinciden en ambas poblaciones. Para la población estadounidense el 66 % de las corridas son menores a 0.5 Mb, 0.3 % están entre 1 y 2 Mb. En la población de estudio, no encontraron ROHet mayores a 2 Mb. Esto refuerza la idea de que en ganado bovino son más frecuentes las corridas cortas, mientras que las más extensas son escasas.

Las mayores frecuencias de corridas tanto repetidas como únicas se encuentran en los cromosomas 5, 6 y 14, mientras que en los cromosomas 23 y 29 se encuentran las ROHet de mayor longitud promedio.

.

Conclusiones

Se identificaron y caracterizaron corridas de heterocigosidad en ganado Holstein en México basado en 116,204 SNP. Se observó que la gran mayoría de estas corridas son de longitud corta (menor a 0.5 Mb), mientras que las corridas más largas son escasas. La mayor frecuencia de ROHet se presenta en los cromosomas 5, 6 y 14. La asociación de las ROHet con caracteres de interés económico en ganado bovino pueden indicar de forma numérica las ventajas de mantener los niveles de heterocigosis altos, pero es necesario determinar la relación de estas con características de interés productivo y de salud.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente proyecto ha sido financiado por el proyecto “Integración de la información genómica al Índice de Comportamiento de ganado Holstein de México”

Referencias bibliográficas.

1. Biscarini, F., Cozzi, P., Gaspa, G., & Marras, G. (2019). detectRUNS: an R package to detect runs of homozygosity and heterozygosity in diploid genomes. In *American Journal of Human Genetics* (Vol. 81, Issue 3, pp. 1–5731). CRAN.R. https://doi.org/10.1086/519795
2. Mulim, H. A., Brito, L. F., Pinto, L. F. B., Ferraz, J. B. S., Grigoletto, L., Silva, M. R., & Pedrosa, V. B. (2022). Characterization of runs of homozygosity, heterozygosity-enriched regions, and population structure in cattle populations selected for different breeding goals. *BMC Genomics*, *23*(1). https://doi.org/10.1186/s12864-022-08384-0
3. Mulim, H. A., Pedrosa, V. B., Pinto, L. F. B., Tiezzi, F., Maltecca, C., Schenkel, F. S., & Brito, L. F. (2024). Detection and evaluation of parameters influencing the identification of heterozygous-enriched regions in Holstein cattle based on SNP chip or whole-genome sequence data. *BMC Genomics*, *25*(1). https://doi.org/10.1186/s12864-024-10642-2
4. Szmatoła, T., Gurgul, A., Jasielczuk, I., & Ropka-Molik, K. (2023). Comprehensive analysis of runs of homozygosity and heterozygosity of Holstein cattle on the basis of medium and high density SNP panels and large population sample. *Annals of Animal Science*. https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0100

EFECTO DEL ESTADIO EMBRIONARIO SOBRE LA VIABILIDAD DE HUEVOS DE ABEJA POST DECORIONIZADOS.

David Urbán-Duarte[1]*, Francisco Javier Ramírez-Ramírez[2], Horacio Álvarez-Gallardo[1], Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco[2], Laura Yavarik Alvarado-Ávila[2] y Claudia García-Figueroa[2]

[1]CNRG, INIFAP; [2]CENID FyMA, INIFAP

*Autor para correspondencia: urban.david@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Apis mellifera*, corion, permeabilización

Introducción

Las abejas además de ser productoras de miel, son polinizadores de plantas silvestres y cultivadas, reportándose a nivel mundial que más del 90% de los cultivos es visitado por las abejas (IPBES, 2016). Esto muestra su importancia dentro de la producción de granos, seguridad alimentaria, reproducción de plantas silvestres, biodiversidad y equilibrio de los ecosistemas. En México, la producción, uso y consumo de miel se remonta a la época prehispánica. Hoy en día nuestro país se posiciona como uno de los principales productores y exportadores de miel a nivel global. Sin embargo, se ha reportado la disminución de las poblaciones de abejas, tato domesticadas como silvestres. Algunos de los factores involucrados en la disminución de estas poblaciones incluyen la pérdida y fragmentación de su hábitat, uso de agroquímicos, enfermedades, especies invasoras y el cambio climático (IPBES, 2016). Ante esta situación, la conservación a largo plazo de este importante recurso genético toma relevancia para evitar la pérdida de líneas de importancia genética.

A través de los años, se han realizado esfuerzos para la conservación a largo plazo de germoplasma de abeja por medio de la criopreservación de semen y embriones. La criopreservación de embriones es una alternativa que incluye la conservación del genoma completo de un individuo y que podría ser recuperado sin dificultades operacionales después de la descongelación. Sin embargo, existen pocos estudios sobre la criopreservación de embriones de abeja y estos no han tenido éxito. Dentro de los factores que afectan su criopreservación se encuentra su recolección, manejo, estadio embrionario, sistema de cultivo, decorionización, permeabilización y agente crioprotector utilizado.

El corión es la estructura más externa del huevo de los insectos, la cual funciona como protección contra los factores ambientales. Sin embrago, es el mismo corion una de las principales barreras para la manipulación, permeabilización, criopreservación y estudio de los embriones de insectos. Aunque se han desarrollado protocolos para la remoción del corion en otras especies de insectos, como las especies del orden Diptera (Rajamohan y Leopold, 2007) y Lepidoptera (Urbán-Duarte et al., 2022), se requieren protocolos específicos para los embriones de abeja debido a las diferencias entre estos, tales como el grosor del corión y el ambiente en el cual se depositan y desarrollan. Además, se ha reportado que existen diferencias en la tolerancia al proceso de decorionización de embriones de insectos dependiendo del estadio embrionario en que se encuentren (Rajamohan y Leopold, 2007; Urbán-Duarte et al., 2022).

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la y decorionización química en diferentes estadios embrionarios sobre la viabilidad de embriones de abeja *Apis mellifera* usando un sistema de cultivo seco-húmedo.

Materiales y métodos

Se obtuvieron huevos de *A. mellifera* de reinas apareadas que fueron colocadas en cajas para recolección Karl Jenter por 72 horas dentro de la colmena. A las 72 horas, las copaceldas de la caja fueron sustituidas por copaceldas nuevas y se dejó la caja dentro de la colmena por 4 horas más. Pasadas las 4 horas, las copaceldas con un embrión dentro fueron transferidas al sistema modificado de cultivo seco-húmedo, el cual consistió en una caja de cultivo cuadrada (90 x 15 mm) con un papel mojado con 2 ml de agua destilada rodeando las copaceldas al interior de la caja. Los embriones fueron incubados a 35 °C con una humedad relativa arriba del 60 % hasta su uso. A las 47 o 67 horas después de la postura de los huevos (DPH), los embriones fueron transferidos con un pincel humectado con etanol al 30% a copaceldas modificadas (con una red de nailon). Posteriormente, estos fueron decorionizados con 3% de NaClO por 3 min, lavados dos

veces en una solución buffer fosfato salino (PBS) por 10 y 5 minutos respectivamente. Después, los embriones fueron cultivados con el uso del método seco-húmedo en una incubadora a 35 °C con una humedad relativa arriba del 60% hasta su evaluación. Se evaluaron los embriones eclosionados a las 72 horas DPH.
Los datos fueron analizados a través de la prueba de ANOVA y la prueba post hoc de Tukey. La significancia estadística fue de $p < 0.05$

Resultados y discusión
Los embriones a las 47 y 67 horas DPH se encontraron en los estadios 7L y 9L respectivamente de acuerdo con (Milne et al., 1988). El proceso de decorionización química disminuyo significativamente el porcentaje de embriones desarrollados respecto al control; el efecto deletéreo fue mayor en los embriones más tempranos (7L) (Figura 1A). Por otro lado, solo los embriones en estadios tardíos (9L) pudieron eclosionar (54.2%) después del proceso de decorionización (Figura 1B).

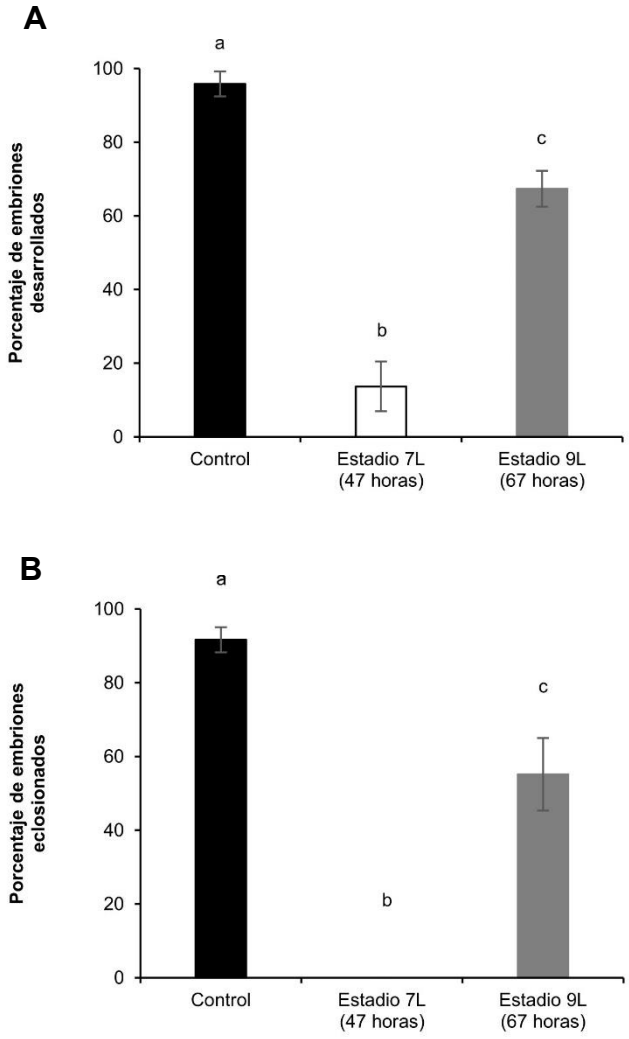


Figura 1. Efecto de aplicar el proceso de decorionización a embriones en estadio 7L y 9L de *A. mellifera*. (A) Efecto sobre el desarrollo embrionario. (B) Efecto sobre los embriones eclosionados. Media ± SE, n=3.

Existen diversos factores que influyen en el éxito de la criopreservación de embriones de insectos, entre ellos destacan una adecuada decorionización y un estadio embrionario que resista los procesos químicos

a los que será sometido El corion de los huevos de insectos es una estructura de protección y una de principales barreras para el flujo de agentes crioprotectores hacia el embrión. En este estudio desarrollamos un protocolo para la decorionización de los embriones de *A. mellifera.* Nuestros resultados mostraron que el corión de los huevos de abeja puede ser removido con agentes químicos y los embriones pueden continuar su desarrollo hasta la eclosión usando el sistema de cultivo seco-húmedo, llegando a alcanzar hasta el 54.2% de eclosión. Sin embargo, la tolerancia al proceso de decorionización fue dependiente del estadio embrionario. Embriones en estadios tardíos fueron más tolerantes a la decorionización. Otros autores mostraron resultados similares en especies del orden Diptera (Rajamohan y Leopold, 2007) y Lepidoptera (Urbán-Duarte et al., 2022). A través del desarrollo embrionario de la abeja, se forman membranas extraembrionarias como el saco vitelino, el amnios y la serosa, las cuales desempeñan un papel importante en la inmunidad, la resistencia a la desecación, la morfogénesis y los procesos fisiológicos del embrión. Además, en estadios tardíos los embriones de insectos comienzan a segregar una cutícula que podría aumentar la tolerancia de los embriones a la decorionización (Urbán-Duarte et al., 2023).

Conclusiones

En conclusión, es posible la decorionización química de los embriones de abeja *A. mellifera* y mantener su desarrollo hasta la eclosión a través del sistema de cultivo seco-húmedo. Los estadios tardíos mostraron mayor tolerancia a la decorionización química, mientras que los embriones tempranos se degeneran. Se requiere de más estudios para evaluar estadios más tardíos y aumentar los porcentajes de viabilidad.

Fuente financiadora

Proyecto Recursos Fiscales INIFAP. SIGI No. 13552435921

Referencias bibliográficas

1. IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). The Assessment Report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production; Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L., Ngo, H.T., Eds.; Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: Bonn, Germany, 2016; 552p.
2. Milne Jr, C. P., Phillips, J. P., Krell, P. J. 1988. A photomicrographic study of worker honeybee embryogenesis. Journal of Apicultural Research. 27(2): 69-83.
3. Rajamohan, A., Leopold, R. A. 2007. Cryopreservation of Mexican fruit flies by vitrification: stage selection and avoidance of thermal stress. Cryobiology. 54(1): 44-54.
4. Urbán-Duarte, D., Tomita, S., Sakai, H., Sezutsu, H., De La Torre-Sánchez, J. F., Kainoh, Y., Furukawa, S., Uchino, K. 2022. Effect of Chemical Dechorionation on Silkworm Embryo Viability. Journal of Insect Physiology. 137: 104327.
5. Urbán-Duarte, D., Tomita, S., Sakai, H., Sezutsu, H., De La Torre-Sánchez, J. F., Kainoh, Y., Furukawa, S., Uchino, K. 2023. An Effective Chemical Permeabilization of Silkworm Embryos. Bioengineering. 10(5): 563.

ESTUDIO DE ASOCIACIÓN GENÓMICA PARA LA DETERMINACIÓN DEL SEXO EN CAMARÓN BLANCO DEL PACIFICO (*LITOPENAEUS VANNAMEI).*

Hilary Arlett Gorgonio-Sánchez[1], Thania Medrano-Mendoza[2 3], Baltasar Fernandes Garcia[4], Psique Victoria Rivero-Martínez[2 3], Alejandra Caballero-Zamora[2 3], Juan Carlos Quintana-Casares[3], Gabriel Ricardo Campos-Montes[2 3*]

[1]Maestría en Ciencias Agropecuarias UAM-Xochimilco; [2]Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco; [3] Genética MarSel S.A. de C.V.; [4]Universidad Estatal Paulista

*Autor para correspondencia: gcampos@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: sexo, estudio de asociación genómica, *Litopenaeus vannamei*

Introducción

En el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei),* se ha observado que en etapas juveniles y en edades de cosecha el peso de las hembras es mayor que el de los machos (aprox. entre el 1.3 y el 17%). Por lo anterior, se esperarían mayores beneficios económicos de un cultivo monosexual de hembras, debido a que aumentaría la biomasa producida y disminuiría el período de crecimiento. No obstante, los genes asociados a la determinación del sexo y sus efectos no están claros, por lo que no se han desarrollado mecanismos para aprovechar esta diferencia entre machos y hembras. De acuerdo con investigaciones anteriores sobre la determinación sexual en *L. vannamei,* se han reportado diferentes polimorfismos de nucleótido simple (SNP) asociados al sexo. Por ejemplo, Yu et al., (2017), detectaron un marcador en el grupo de ligamiento (GL) 18; Jones et al., (2020) identificaron una región entre los GL42-GL44; mientras que García et al., (2024) ubicaron una región en GL31. Debido a las discrepancias entre las ubicaciones propuestas por los diferentes autores y la poca claridad de los genes involucrados en la determinación del sexo, se requiere de una ampliación en la búsqueda de genes de interés, que permita una comprensión completa y precisa del mecanismo de la determinación del sexo en *L. vannamei.* El uso de herramientas genómicas, como los estudios de asociación del genoma completo (GWAS), permite analizar la variación genética relacionando marcadores de tipo SNP con datos de fenotipos individuales, lo que facilita la identificación de regiones cercanas a genes asociados a características de interés. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue identificar regiones del genoma en camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) asociadas a la expresión del sexo utilizando un panel de SNPs de 50K, así como la identificación de genes candidatos de interés.

Materiales y métodos

Se consideraron 1404 organismos pertenecientes al núcleo genético de la empresa Genética MarSel S.A. de C.V., ubicado en El Rosario, Sinaloa, México. Las muestras fueron genotipadas en el Center of Aquaculture Technologies, San Diego California, utilizando el panel AquaArray HD (50 K) vannamei®, Neogen® (Nebraska, USA). El control de calidad filtró los genotipos con una tasa de llamado < 90%, frecuencia del alelo menor (MAF) < 0.05, pérdida del equilibrio de Hardy Weinberg (HWE) ($P < 1x10^{6}$) y exclusión de organismos con una tasa de llamado de genotipo < 90%. Asimismo, se eliminaron los marcadores sin posición asignada y aquellos ubicados fuera de los 44 grupos de ligamiento considerados para la especie. Se realizó un GWAS para identificar variantes genéticas asociadas al sexo, utilizando el software *Genome-wide Complex Trait Analysis* (GCTA), empleando un modelo lineal mixto. Un SNP fue considerado como significativo a nivel genómico cuando el valor de significancia fuera menor a 0.05/N, y significativo a nivel cromosómico cuando el valor de significancia fuera menor a 0.05/N/Nc, donde *N* correspondió al número total de SNPs después del control de calidad, y *Nc* al número de grupos de ligamiento. Posteriormente se procedió a la búsqueda de secuencias homólogas mediante el uso de la Herramienta Básica de Búsqueda de Alineamiento Local (BLAST), considerando una secuencia flanqueante de 100 kb “río arriba – río abajo” para cada SNP significativo. Los genes que presentaron un alineamiento significativo dentro de esta región genómica fueron considerados como potencialmente asociados al sexo.

Se utilizó un modelo logístico nominal para estimar las probabilidades de diferenciación de sexo para los marcadores con significancia genómica.

Resultados y discusión

De los 1,404 organismos y 50,782 SNPs iniciales que fueron genotipados, un total de 1,339 individuos y el 52% de los SNPs pasaron el control de calidad. En el GWAS se identificaron SNPs con significancia cromosómica en los GL 5, 28 y 40. Estas regiones mostraron los picos más destacados en el gráfico tipo Manhattan (figura 1), lo que indica una fuerte asociación con el rasgo de interés. Esto difiere con hallazgos de otros autores, quienes han identificado diferentes regiones genómicas asociadas al sexo. Por ejemplo, Yu et al. (2017) reportaron un SNP en el GL18, posteriormente, Jones et al. (2020) encontraron regiones genómicas en los GL42–GL44, mientras que, García et al. (2024) identificaron una región en GL31. Esto refuerza la idea de que la determinación sexual en *L. vannamei* podría tener una base genética compleja y posiblemente poligénica, en lugar de estar controlada por un solo locus mayor.

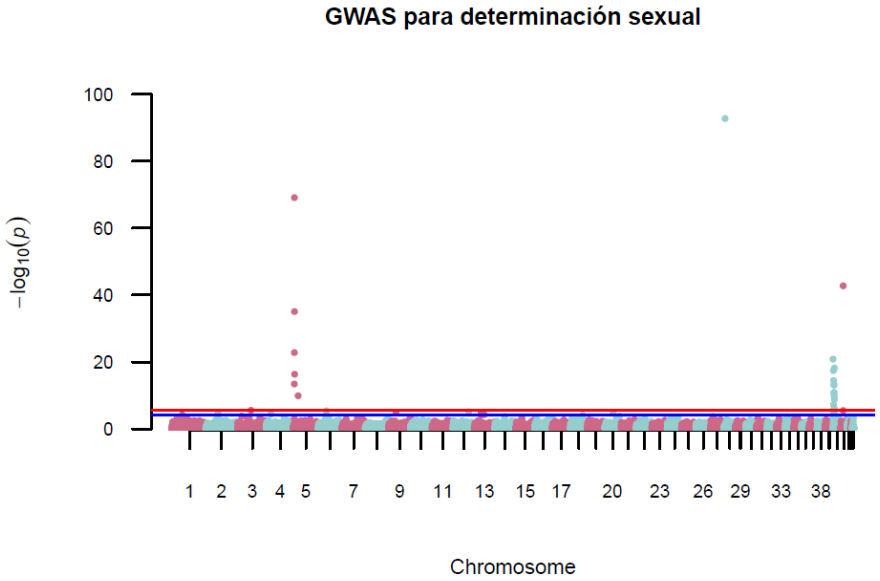


Figura 1: Estudio de asociación genómica para la determinación del sexo

La región ubicada en el GL 5 explicó el 2.5% de la varianza fenotípica, mientras que la región en el GL 40 contribuyó con un 2.0% adicional. Sin embargo, los genes asociados a estas regiones, según la literatura, participan en procesos celulares no significativos para la determinación del sexo de los individuos. Por ejemplo; el gen *COMM domain-containing protein,* localizado cerca del SNP AX-249531418 en el GL28, presentó el mayor porcentaje de varianza explicada, y está relacionado con la regulación del metabolismo de proteínas y el transporte celular, el gen *glutamate receptor U1-like*, cercano al SNP AX-249613447 en el GL5, está implicado en la transmisión del impulso nervioso y la contracción muscular. Por otro lado, en el GL40, se identificó el gen *Oplophorus-luciferin 2-monooxygenase non-catalytic*, cercano al SNP AX-249988993, asociado a procesos de bioluminiscencia en camarones de aguas profundas. Estos hallazgos sugieren que los SNPs identificados podrían estar en desequilibrio de ligamiento con los verdaderos genes causales o formar parte de regiones reguladoras no anotadas en el genoma de *L. vannamei*.

De los marcadores evaluados para su asociación con la determinación del sexo, el marcador AX-249531418 (alelos A y T) del GL28, presentó el mayor poder explicativo (r^2 = 0.35), donde la probabilidad de que el genotipo TT sea macho es del 98%, sin embargo, los genotipos restantes presentan una probabilidad mayor al 20% de ser asignados a macho. Con respecto a la combinación de los dos marcadores con mayor poder explicativo (r^2= 0.51); SNPs AX-249531418 y AX-249613447 (alelos A y C) del GL5, el genotipo TT/_ _ tiene una probabilidad mayor al 92% de ser macho, mientras que los genotipos A_/A_ presentan una probabilidad mayor al 90% de ser hembras, sin embargo, los genotipos A_/CC no permiten la asignación confiable de sexo (cuadro 1). La identificación de marcadores con capacidad predictiva del sexo permitirá en el futuro, diseñar estrategias para integrar la variable sexo en análisis para características en edades donde no es posible su identificación fenotípica.

Cuadro 1. Probabilidades para la asignación de sexo con la combinación de los SNP's AX-249531418 y AX-249613447

Genotipo	Macho	Hembra
AAAA	0.030228	0.969772
AAAC	0.051431	0.948569
AACC	0.431031	0.568969
ATAA	0.061494	0.938506
ATAC	0.102313	0.897687
ATCC	0.614266	0.385734
TTAA	0.920625	0.079375
TTAC	0.952774	0.047226
TTCC	0.996465	0.003535

r^2= 0.5060

Conclusión

Este estudio identificó regiones genómicas asociadas al sexo en *Litopenaeus vannamei*, destacando SNPs en los GL 5, 28 y 40. La combinación de los marcadores AX-249531418 y AX-249613447 explicó hasta el 51% de la variación en la determinación del sexo, lo que sugiere su utilidad para predecir el sexo en programas de selección. Aunque no se identificaron genes con funciones sexuales conocidas, los resultados representan un avance para el análisis de los procesos de determinación sexual de *L. vannamei.*

Agradecimientos

Los resultados mostrados son parte de la tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias de la UAM-Xochimilco del primer autor, por lo que se agradece a SECIHTI, México, por la beca de maestría (reg. No. 2045345). Así mismo, los autores agradecen a la empresa Genética MarSel S.A. de C.V. por el financiamiento otorgado para esta investigación.

Referencias bibliográficas

1. Garcia, B. F., Mastrochirico-Filho, V. A., Gallardo-Hidalgo, J., Campos-Montes, G. R., Medrano-Mendoza, T., Rivero-Martínez, P. V., Caballero-Zamora, A., Hashimoto, D. T., & Yáñez, J. M. (2024). A high-density linkage map and sex-determination loci in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *BMC Genomics*, *25*, 565. https://doi.org/10.1186/s12864-024-10431-x
2. Jones, D. B., Nguyen, H. T., Khatkar, M. S., Simm, D. B., Jerry, D. R., Raadsma, H. W., van der Steen, H., Prochaska, J., & Zenger, K. R. (2020). The identification of a major sex QTL in the white-leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture, 529*, 735673. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735673
3. Yu, Y., Zhang, X., Yuan, J., Wang, Q., Li, S., Huang, H., Li, F., & Xiang, J. (2017). Identification of sex-determining loci in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using linkage and association analysis. *Marine Biotechnology, 19*, 277–286. https://doi.org/10.1007/s10126-017-9749-5

RELACIÓN GENÉTICA DEL CERDO CRIOLLO TS´ÜDI XIRGO.

Carlos Alfonso Castro-Roca[1] [3]*, Hugo Oswaldo Toledo-Alvarado[1], Adelfa del Carmen García-Contreras[2], Yasmin Guadalupe De Loera-Ortega[3] , Rogelio Alejandro Alonso-Morales[1], Susana Elisa Mendoza-Elvira[3] ,Jesús Alberto Guevara-González[2] , Ángel Sierra-Vásquez[4], Gustavo Castro-Rosa[5]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, CDMX, México.
[2]Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, CDMX, México.
[3]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Edo. Méx., México.
[4]Instituto Tecnológico Conkal, Yucatán, México.
[5]Universidad de la República Oriental del Uruguay, Montevideo, Uruguay.

*Autor para correspondencia: carlos.castro@cuautitlan.unam.mx

Palabras clave. cerdos criollos, diversidad genética, Ts´üdi Xirgo.

Introducción

El ganado porcino (*Sus scrofa*) constituye una de las especies pecuarias con mayor relevancia a nivel global. Es fundamental en términos de seguridad y sostenibilidad alimentaria. La domesticación de la especie ocurrió de forma independiente en Eurasia Oriental y Occidental aproximadamente hace 9,000 a 10,000 años. Siendo un proceso que, junto con la selección artificial y natural, ha tenido como resultado una vasta diversidad genética entre las razas y biotipos a nivel mundial (Yang et *al., 2017*; Margeta et al*., 2025*). Los porcinos no son una especie nativa del continente americano. Su llegada se dio a partir de la colonización europea a partir del siglo XVI, principalmente proveniente de España y de Portugal. Las poblaciones de porcinos introducidas se adaptaron de forma rápida a los diversos y a menudo extremos ambientes presentados a lo largo del continente. Esta adaptación dió origen a diversos biotipos de cerdos criollos, considerados descendientes de las poblaciones de porcinos introducidos desde Europa. A pesar de la tendencia al desplazamiento de poblaciones locales por parte de razas y cruzas de cerdos comerciales, actualmente, persisten poblaciones de cerdos criollos, los cuales representan un recurso para comunidades rurales y sistemas de producción de baja densidad (Burgos-Paz *et al.,* 2013; Yang *et al.,* 2017).

Los cerdos criollos son un valioso reservorio de diversidad genética, la cual es esencial para la adaptación a los desafíos climáticos actuales y el fomento de sistemas de producción sostenibles. Hoy en día la intensificación de la porcicultura y la predominancia de razas comerciales han llevado a una reducción significativa de la diversidad genética; amenazando a los recursos genéticos. En México, las poblaciones de cerdos criollos e.g. Pata de mula, Cuino mexicano, Pelón mexicano, Ts´üdi Xirgo, se encuentran en estado crítico de extinción (DAD-IS(FAO),2025). Si bien, el rendimiento productivo de estos biotipos puede ser menor en comparación con razas porcinas especializadas, generalmente tienen alta resiliencia, adaptación al medio ambiente y rusticidad.Además, poseen características genéticas únicas como la resistencia y/o tolerancia a enfermedades, y características específicas en su carne. Esto denota la importancia crítica de su conservación. Para esto el estudio y evaluación de la diversidad genética y estructura poblacional, empleando metodologías genómicas y moleculares como el estudio de polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs), es fundamental para el manejo y conservación efectiva. En este contexto, el cerdo criollo T´südi Xirgo, siendo un biotipo localmente criado en el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, México, representa un valioso patrimonio genético y está clasificado como en peligro de extinción. Su caracterización genética, productiva y reproductiva es crucial para generar programas de conservación y aprovechamiento denotando su relevancia en la economía familiar y seguridad alimentaria en diferentes regiones del país (Segura-Peñafiel *et al.,* 2021).

Materiales y métodos

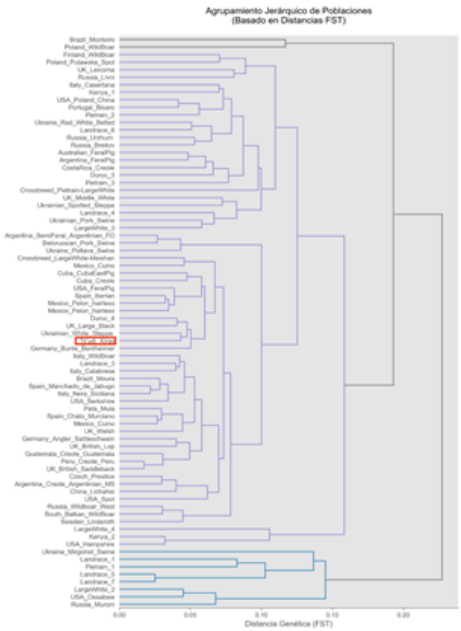
Él muestreo se llevó a cabo en los estados de Hidalgo, Oaxaca y Yucatán, donde se tomaron muestras de 41 animales de cuatro poblaciones: *Ts´üdi Xirgo*, Pata de mula, Cuino mexicano y Pelón mexicano. La extracción y genotipado de ADN genómico de las muestras, se desarrolló con la empresa NEOGEN ww.neogen.com). Para el genotipado de polimorfismos de un solo nucleótido (SNP), se utilizó el chip Porcine-GGP-50K que identifica un total de 50,967 SNP. El control de calidad se llevó a cabo con Python 3.9.1 (Anaconda) mediante *Jupyter Notebook*, excluyendo SNPs que presenten una tasa de error mendeliana mayor a 0.05, una baja tasa de llamada (>0.1), una baja frecuencia del alelo menor (MAF< 0.05), y se excluyeron los cromosomas sexuales.

Se integró una base de datos pública (Yang *et al.,* 2017) con 60,000 polimorfismos tipo SNP de 2,093

individuos (122 razas de los cinco continentes). Se realizó la unión con los datos obtenidos por medio de genotipificación de cerdos criollos de tres regiones de México mediante PLINK 1.9 (Purcell *et al.,* 2009). Después del filtrado se identificaron 26,140 polimorfismos de tipo SNP en común, se seleccionaron 76 poblaciones con índice de fijación (FST) <0.7 (mediana) (FST por pares, Weir y Cockerham) respecto a la raza de interés Ts´üdi Xirgo (MXTX_UAM), obteniendo una base final con 1,075 individuos, con el objeto de mantener las razas con mayor relación genética respecto al cerdo Ts'üdi Xirgo.
La diferenciación genética se realizó por medio del cálculo de índice de fijación (FST) por pares usando el método de Weir y Cockerham (1984) mediante el uso de la librería de scikit-allel, generando una matriz simétrica y visualizando a través de un dendograma (UPGMA, scipy/matplotlib).

Resultados y discusión

El análisis de relaciones genéticas mediante el índice de FST (Figura 1A; 1B), permitió identificar agrupamientos genéticos de materia global. Ayudando a señalar la relación genética entre los cerdos Ts´üdi Xirgo y poblaciones porcinas del continente americano, destacando principalmente su cercanía con el cerdo Feral de Estados Unidos (FST = 0.018) seguido por poblaciones de cerdos criollos o ferales de Argentina, Cuba y Costa Rica. También se observó una relación genética notable con razas porcinas de Europa del este, incluyendo poblaciones de Rusia, Ucrania, Biolorrusia y República Checa. Estos patrones de relaciones genéticas pueden ser respaldados de acuerdo con lo señalado por Burgos-Paz y colaboradores en el año 2023, quienes proponen que la introducción de cerdos al continente de América desde Europa no se limitó de forma exclusiva a animales de origen iberico o canario y que de acuerdo a diversos estudios se ha podido documentar que los cerdos criollos de América presentan una ascendencia predominantemente de Europa, pero en realidad constituyen un complejo mosaico genético que también incorporan linajes asiáticos y africanos , reflejo de múltiples eventos de introgresión ocurridos desde la colonización hasta la actualidad.
En conjunto, la tabla con los valores FST junto con el dendrograma proporcionan perspectivas complementarias. La tabla permite identificar las conexiones directas y específicas entre razas, mientras que el dendrograma muestra agrupamientos genéticos más generales, que pueden reflejar similitudes heredadas de ancestros comunes o patrones evolutivos compartidos.



	Raza Completa	FST
0	USA_FeralPig	0.018023
1	Argentina_SemiFeral_Argentinian_FO	0.020957
2	Argentina_Creole_Argentinian_MS	0.021447
3	Cuba_CubaEastPig	0.021525
4	Czech_Prestice	0.022333
5	Ukraine_Red_White_Belted	0.022581
6	Russia_Breitov	0.022601
7	Belorussian_Pork_Swine	0.023350
8	Mexico_Pelon_hairless	0.023532
9	Russia_Livni	0.023615
10	Kenya_2	0.023927
11	Mexico_Pelon_hairless	0.024279
12	CostaRica_Creole	0.024757
13	Argentina_FeralPig	0.025027
14	Russia_Murom	0.025108
15	LargeWhite_2	0.025604
16	LargeWhite_3	0.026026
17	Ukrainian_Pork_Swine	0.026191
18	Cuba_Creole	0.026463
19	Ukrainian_Spotted_Steppe	0.026774

A B

Figura 1. Relación genética entre poblaciones porcinas basadas en índice de fijación (FST). **A)** Dendrograma jerárquico construido mediante agrupamiento de razas según su distancia genética promedio, mostrando los patrones de agrupamiento global entre poblaciones. La raza Ts'üdi Xirgo se destaca en rojo. **B)** Tabla de valores FST específicos con respecto a Ts'üdi *Xirgo*.

.

Conclusiones

El análisis combinado de la matriz de distancias FST y el dendrograma jerárquico permitió una caracterización de la relación genética del cerdo criollo Ts´üdi Xirgo dentro del panel internacional. La tabla de FST identificó con claridad a las razas con una menor distancia genética con respecto a la raza de interés, destacando principalmente cerdos tanto ferales como criollos de América, como el cerdo feral de Estados Unidos y criollos de Argentina y Cuba, Por su parte el dendograma aportó una visión global del agrupamiento genético, revelando patrones concordantes con la historia y origen de las poblaciones. Un hallazgo relevante fue la proximidad genética con razas de Europa del este, en concreto con poblaciones porcinas de Rusia, Ucrania, Bielorrusia y República Checa. Esto respalda la hipótesis de una introducción más diversa de cerdos a América a lo largo de la historia.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo se llevó a cabo con el financiamiento del Proyecto de Incidencia Social Rectoría General UAM.

Referencias bibliográficas

1. Burgos-Paz W, Souza CA, Megens HJ, Ramayo-Caldas Y, Melo M, Lemús-Flores C, et al. Porcine colonization of the Americas: A 60k SNP story. Heredity. 2013 Apr;110(4):321–30.
2. Margeta V, Škorput D, Djurkin Kušec I, Kralik Z, Kušec G, Gvozdanović K. A Comprehensive Review: Molecular and Genealogical Methods for Preserving the Genetic Diversity of Pigs. Vol. 15, Applied Sciences (Switzerland). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2025.
3. Segura-Peñafiel M, Guadalupe De Loera-Ortega Y, Alberto Guevara-González J, Rodrigo Medina-González C, César Rodríguez-Montoya J, del Carmen García-Contreras A. [REPRODUCTIVE CHARACTERIZATION OF T'südi Xirgo CREOLE SOWS IN LOW-DENSITY PRODUCTION UNITS]. Vol. 8, Revista Mexicana de Agroecosistemas. 2021.
4. Yang B, Cui L, Perez-Enciso M, Traspov A, Crooijmans RPMA, Zinovieva N, et al. Genome-wide SNP data unveils the globalization of domesticated pigs. Genetics Selection Evolution. 2017 Sep 21;49(1).

CIRCUNFERENCIA ESCROTAL Y SU RELACIÓN CON MEDIDAS CORPORALES EN CABRITOS PREPÚBERES DE LAS RAZAS NUBIA Y ALPINA FRANCESA.

Aldo Hernández-Fernández[1], Monserrat Núñez-Moncada[1], Gilberto Ballesteros-Rodea[1], Marco Rivas-Jacobo[1], Rafael Nieto-Aquino[1], César Cortez-Romero[2], Alejandra Herrera-Corredor[1]*

[1] Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Carretera San Luis - Matehuala Km. 14.5 Ejido Palma de la Cruz, 78321 Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.
[2]Colegio de Postgraduados, Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí, Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, S.L.P. México. C.P. 78620.

*Autor para correspondencia: alejandra.herrera@uaslp.mx

Introducción

Uno de los factores que determina la eficiencia reproductiva del rebaño es la selección de reproductores. El macho cabrío es el animal más importante del rebaño, ya que contribuye con el 50% de la composición genética de cada cabrito nacido y es un factor clave para determinar la tasa general de preñez del rebaño. Un macho cabrío de reemplazo puede seleccionarse entre los contemporáneos al destete (3 a 4 meses de edad) con base en su peso al destete. Después del destete, se puede realizar una evaluación del crecimiento entre los 6 - 8 meses de edad y a los dos años de edad, se consideran adultos capaces de cubrir a muchas hembras (Torreta *et al*., 2017).

Los productores caprinos deben contar con conocimientos básicos que les permitan seleccionar adecuadamente a sus reproductores, tomando como base la evaluación de las características fenotípicas. En este sentido, la zoometría es una herramienta útil para describir y comparar dichas características con un tipo ideal, establecido según los parámetros de cada raza, lo que facilita la identificación y diferenciación de los animales. Esta valoración morfológica, además, contribuye a una evaluación zootécnica que permite estimar su potencial productivo (Durán-Ramírez, 2007).

En el caso de los machos adultos, la circunferencia escrotal muestra una estrecha relación con el peso testicular y con la producción de esperma de buena calidad. Por ello, la selección de machos con mayor circunferencia escrotal puede mejorar el rendimiento reproductivo del rebaño, al influir positivamente en la eficiencia reproductiva de las hembras a lo largo de su vida (De Armas, 2009).

Sin embargo, esto implica que la selección del semental se realiza una vez que los animales han superado la pubertad, lo que obliga a esperar hasta que alcancen la madurez sexual para poder evaluarlos de manera eficiente. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue determinar si existe una relación entre las medidas corporales y la circunferencia escrotal en machos jóvenes de las razas Alpina Francesa y Nubia, utilizando la zoometría como herramienta para facilitar la selección temprana de ejemplares con potencial para desempeñarse como reproductores en el futuro cercano.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el “Rancho Las Delicias”, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicado en los límites de los Municipios de Villa de Arista y Moctezuma, San Luis Potosí. Presenta un clima seco semicálido con lluvias en verano, temperatura media anual de 18.7° a 21.8°C y precipitación de 350-422 mm (García, 2004).

Para el estudio se utilizaron 20 cabritos machos destetados de 2 meses de edad, de la raza Nubia (n=10) y Alpina Francesa (n=10), nacidos en el mes de abril.

Los cabritos iniciaron el consumo pequeñas cantidades de forraje (alfalfa achicalada) a los 15 días de edad y después del destete (dos meses de edad) se alimentaron a base de 150 g de alfalfa achicalada, 100 g de concentrado comercial y 100 g de ensilado de maíz, considerando la alimentación tradicional del sistema de producción.

Se registró el peso al nacimiento, el peso al destete, y mensualmente hasta que alcanzaron los 8 meses de edad, así como las medidas corporales, utilizando una cinta métrica flexible y un bastón hipométrico, ambos con una longitud de 1 metro y una precisión de 1 milímetro. Siguiendo la metodología Salgueiro y Núñez (1999) a los cabritos se les tomaron las siguientes medidas: Longitud corporal (LCOR), Perímetro torácico (PTOR), Ancho de pecho (APE), Profundidad de Pecho (PPE), Alzada a la cruz (ACR), Ancho de grupa (AGR) y Circunferencia escrotal (CE).

La información se analizó por medio del procedimiento MIXED de SAS (2012) para medidas repetidas en el tiempo. Se consideró como covariable el peso al nacimiento. Así mismo se realizaron Análisis de regresión lineal múltiple para establecer la relación entre la Circunferencia escrotal (CE) y las medidas zoométricas, de acuerdo a las razas en estudio. Las variables que no fueron significativas (P<0.05) fueron removidas del modelo de Regresión para aumentar la exactitud del modelo de predicción.

Resultados y discusión

Pesos al nacimiento, al destete y mensual

No se observaron diferencias significativas en el peso al nacimiento entre las razas evaluadas (P>0.05). Sin embargo, al ajustar por el peso al nacimiento, se identificaron diferencias significativas en el peso al destete entre razas (P<0.05). Los cabritos de raza Nubia presentaron un mayor peso al destete (18.4 ± 0.61 kg) en comparación con los de raza Alpina (13.1 ± 0.59 kg). Posteriormente, la evolución del peso corporal mostró un comportamiento lineal (P<0.05), con un incremento constante a lo largo del periodo experimental (Figura 1). Este aumento fue significativamente mayor en los cabritos de raza Nubia (P<0.05).

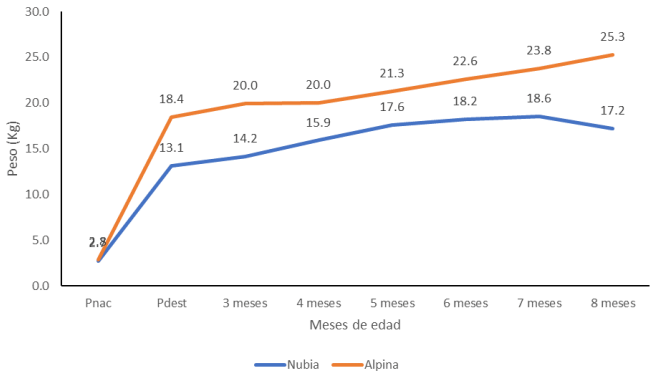


Figura 1. Peso al nacimiento, al destete y evolución del peso corporal de cabritos de raza Nubia y Alpina Francesa en etapa prepuberal.

El peso al nacimiento refleja en gran medida el estado nutricional y de salud de la madre durante la gestación. En sistemas de pastoreo, donde la disponibilidad y calidad del forraje varían según la estación, un peso al nacimiento adecuado indica un manejo nutricional eficiente de las reproductoras (Avilés-Ruíz y Alcalá-Rico, 2020). Los pesos al nacimiento de las razas en estudio fueron menores a las reportadas por Menezes *et al.,* (2012), quienes reportan pesos de 3.31 para Alpinos y 3.56 para Nubios, para sistemas de estabulación completa. En este estudio, no se observó una interacción significativa (P<0.05) entre las variables raza y la edad con los indicadores zoométricos evaluados en los cabritos, lo que sugiere que las diferencias morfométricas en esta fase temprana del desarrollo no están determinadas por la interacción de estos factores. Esta ausencia de interacción indica que las razas estudiadas siguen un patrón de crecimiento relativamente uniforme durante el periodo prepuberal, al menos en lo que respecta a las mediciones corporales lineales. No obstante, estos resultados no descartan posibles efectos independientes de la raza o la edad, ni su influencia en etapas posteriores del desarrollo prepuberal.

Circunferencia escrotal y medidas corporales

En el caso de los sementales, resulta relevante evaluar la influencia de las medidas corporales sobre la CE. El análisis de regresión realizado indicó, que las variables corporales PTOR, PPE, APE, ACR, AGR, así como la raza, no presentaron efectos significativos sobre la CE (P > 0.05). En consecuencia, dichas variables fueron excluidas del modelo de predicción.

De esta forma, la única variable que mostró una relación significativa con la CE fue la longitud corporal (LCOR). La ecuación de regresión obtenida para describir esta relación fue: $\hat{y} = -19.0 + 0.63x$, lo que indica que, por cada centímetro de incremento en la LCOR, la CE aumenta en 0.63 cm (Figura 2).

Además, el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.6728$) sugiere que la longitud corporal explica el 67.28% de la variación observada en la CE durante la etapa prepuberal de los cabritos de las razas evaluadas. Estos resultados subrayan que la longitud corporal puede ser un predictor confiable del desarrollo testicular

en machos jóvenes, lo cual puede ser de gran valor en la selección temprana de futuros sementales en programas de mejoramiento genético caprino.

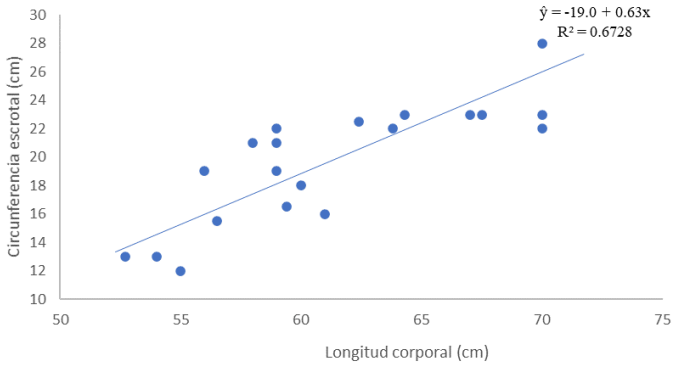


Figura 2. Relación entre la longitud corporal (LCOR) y la circunferencia escrotal (CE) en cabritos jóvenes en etapa prepuberal.

Conclusiones

La raza Nubia mostró mejor desempeño en peso al destete y ganancia prepuberal, lo que indica un crecimiento postnatal temprano más eficiente. Las razas presentan trayectorias de desarrollo similares, pero con ritmos distintos.

La circunferencia escrotal, desde los tres meses, evidenció un efecto genético temprano sobre el desarrollo testicular. En conjunto, las características morfométricas están fuertemente influenciadas por la raza y son útiles para programas de selección genética. En particular, la longitud corporal podría predecir el desarrollo testicular y facilitar la selección temprana de sementales.

Agradecimientos

Al Rancho “Las Delicias” y a la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento: Sistemas de Producción en Rumiantes, Sanidad y Forrajes, del Cuerpo Académico de Producción Animal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Referencias bibliográficas

1. Avilés-Ruíz, R. y Alcalá-Rico, J. (2020). Factores que afectan el peso al nacimiento, al destete y la ganancia diaria predestete en bovinos mestizos con amamantamiento restringido. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.
2. De Armas, L. (2009). Influencia de la circunferencia escrotal en la selección de machos reproductores y su relación con la pubertad en hembras. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 43(1), 55–61.
3. Durán-Ramírez, F. (2007). Manual de explotación y reproducción en caprinos. Bogotá: Grupo Latino Editores Ltda.
4. García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 5ª Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. México. 91p. ISBN 970-32-1010-4
5. Menezes, J. J. L., Gonçalves, H. C., Cañizares, G. I. L., Rodrigues, L., Medeiros, B. B. L., Gomes, H. F. B., Marques, R. O. y Emerson, M.S. (2012). Ganho de peso e medidas biométricas de caprinos jovens em função do gruporacial, peso de abate e sexo. Veterinária e Zootecnia. Veterinária e Zootecnia, 19, 574-583.
6. SAS Institute. (2012). Statistical Analysis Software SAS/STAT®. version 9.4, Cary, N.C., USA: SAS Institute Inc., ISBN: 978-1-60764-599-3.
7. Salgueiro, J. y Núñez, A. (1999). Medidas zoométricas en la evaluación morfológica del ganado. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 33(2), 123–130.
8. Torretta, M.E., Alanís, G.A., Rabaglino, M.B., Castelo, L., Flores, M.F., Garcia, A., F. y Morcos, F. (2019). Caracterización del comportamiento reproductivo de machos cabríos mestizos Criollo x Anglo Nubian, en la región sur de Córdoba, Argentina. II. Madurez sexual. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 32(1): 1-9.

TENDENCIAS GENÉTICAS Y FENOTÍPICAS DE CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO EN GANADO CHAROLAIS.

René Calderón-Chagoya[a]*, Rafael Upalía-Orozco[a], Moisés Montaño-Bermúdez[a], Vicente E. Vega-Murillo[b].

[a] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Colón, Querétaro, México.
[b] Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, Veracruz, México.

* Autor para correspondencia chagoya.rene@inifap.gob.mx

Palabras clave: peso al nacimiento, peso al destete, peso al año.

Introducción

Desde principios de la década de 2000, los productores de ganado bovino de carne de registro en México han incorporado tanto los registros fenotípicos como las estimaciones de los valores genéticos como herramientas en los programas de mejoramiento genético. Esta integración ha hecho indispensable el establecimiento de un monitoreo continuo que permita evaluar el cambio genético de las características de interés económico.

La evaluación genética animal tiene como objetivo principal clasificar a los individuos en función de su valor genético para distintas características productivas y reproductivas, a fin de optimizar su uso dentro del esquema de selección. Dado que el valor genético verdadero no es directamente observable, se recurre a la estimación de las Diferencias Esperadas en la Progenie (DEP), mediante el procedimiento BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) (Henderson, 1988). Este método permite corregir los efectos ambientales y considerar la información del pedigrí, lo que posibilita una evaluación simultánea de todos los animales en la población.

Una vez obtenidas las DEP, es posible analizar su comportamiento a lo largo del tiempo. Las tendencias fenotípicas describen los cambios en el promedio de las características observadas en la población a través del tiempo; sin embargo, estas pueden estar influenciadas por factores no genéticos, por lo que no necesariamente reflejan una mejora genética. En contraste, las tendencias genéticas, definidas como el cambio en el valor genético promedio por unidad de tiempo, constituyen un indicador directo de la respuesta obtenida por efecto de la selección (Harville y Henderson, 1967). El objetivo del presente estudio es el análisis conjunto de las tendencias genéticas y fenotípicas para la evaluación del progreso alcanzado en las características de crecimiento del ganado Charolais.

Materiales y métodos

Se analizó el pedigrí y la composición racial de 394,896 animales nacidos entre 1997 y 2024, a partir de la base de datos de la Asociación Charolais Charbray Herd Book de México. En el Cuadro 1 se presentan las estadísticas descriptivas correspondientes a las características de crecimiento peso al nacimiento, peso al destete, peso al año y talla corporal.

Cuadro 1. Descripción de la información utilizada en los análisis en ganado Charoláis-Charbray.

Característica	N	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Peso al nacimiento	279,030	38.40	5.57	22.00	70.00
Peso al destete	216,763	223.92	40.04	86.49	502.41
Peso al año	140,457	345.25	63.78	130.25	694.55
Talla corporal	154,913	5.33	1.23	2.90	9.50

Para calcular las tendencias fenotípicas se utilizó los pesos al nacimiento, peso al destete ajustado a 205 días, peso al año ajustado a 365 días y talla corporal. Para las tendencias genéticas se utilizó los valores de las DEP, las cuales se obtuvieron por medio del modelo animal en donde se incluyó el grupo contemporáneo (hato-año-estación) y sexo como efectos fijos y la edad de la madre al parto, la proporción de genes Charolais, la heterosis y la pérdida por recombinación como covariables. Con esta información,

se identificaron los individuos genéticamente puros de la raza Charolais y se calcularon las tendencias con las medias anuales de las mediciones fenotípicas y de las DEP. El cambio genético anual se estimó como la pendiente de la regresión lineal de los valores promedio anuales de las DEP en función del año de nacimiento.

Resultados

En la Figura 1a se presentan las tendencias fenotípicas del peso al nacimiento, peso al destete ajustado a 205 días, peso al año ajustado a 365 días y talla corporal en animales de raza Charolais. En general, no se observaron tendencias consistentes a lo largo del tiempo para ninguna de estas características. El peso al nacimiento mostró valores anuales promedio entre 33.26 kg en 1997 y 39.26 kg en 2004, con un promedio general de 38.40 kg y un rango de 22 a 70 kg. El peso al destete presentó valores promedio anuales entre 213.83 kg (1997) y 234.11 kg (2024), con un rango general de 86.49 a 502.41 kg. En el caso del peso al año, los promedios anuales estuvieron entre 313.34 kg (2024) y 357.06 kg (2001), con valores individuales entre 130.25 y 694.55 kg. Para la talla corporal, medida a partir de 2003, los valores anuales promedio fueron de entre 5.18 (2013) y 6.70 (2003), sin una tendencia definida.

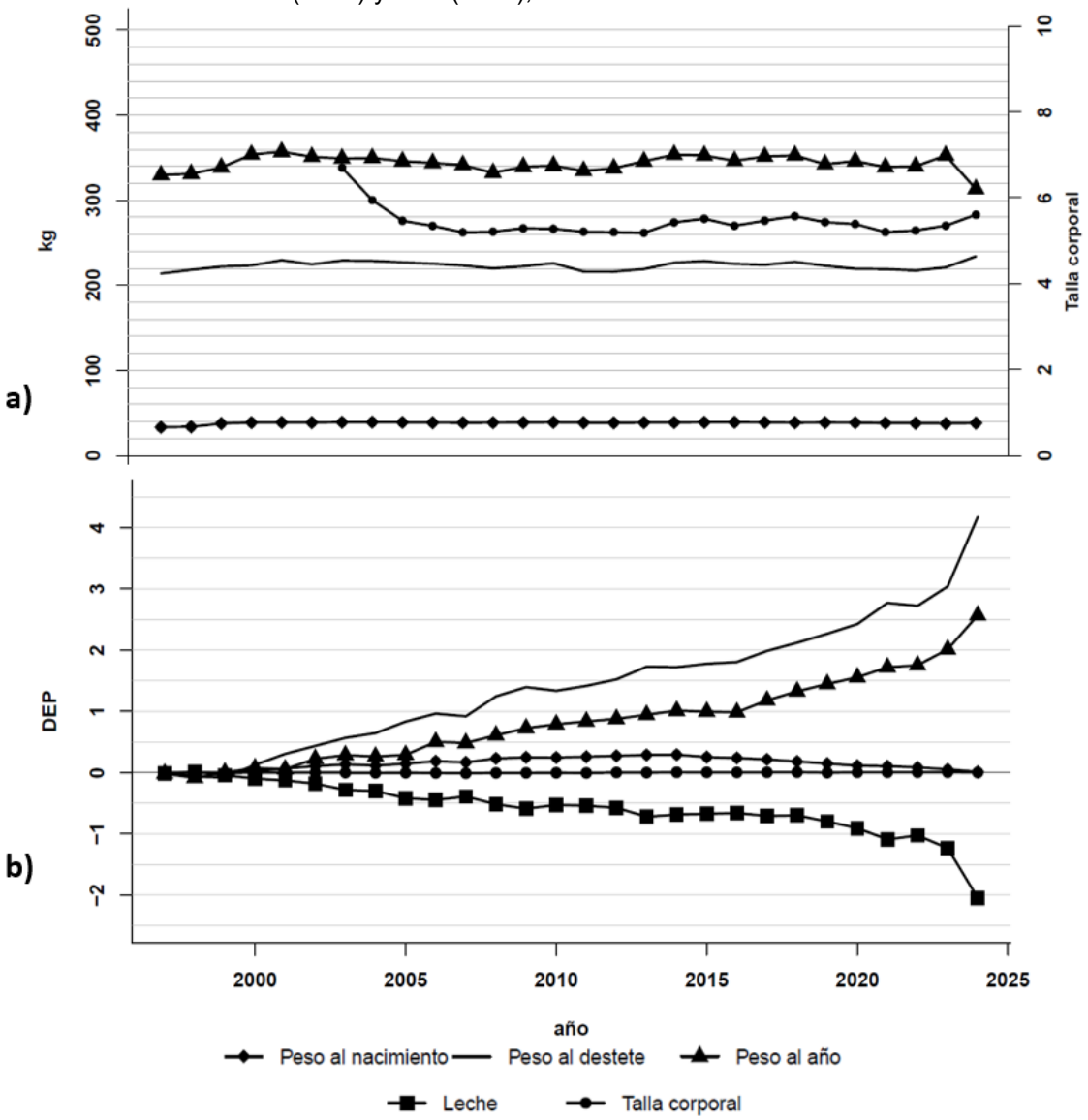


Figura 1. Tendencias fenotípicas (a) y genéticas (b) de acuerdo al año de nacimiento (1997–2024) para peso al nacimiento, peso al destete directo, peso al año, peso al destete materno (leche) y talla corporal en ganado Charoláis.

La Figura 1b muestra las tendencias genéticas, representadas por los valores promedio anuales de las DEP para las características de crecimiento mencionadas, en animales Charolais evaluados entre 1997 y

2024. Se incluyen las DEP para peso al nacimiento, peso al destete directo, peso al destete materno, peso al año y talla corporal. A lo largo del periodo evaluado, se observó una tendencia positiva en las DEP para peso al destete directo y peso al año. En particular, las DEP para peso al destete directo aumentaron de -0.0776 kg en 1999 a 4.1733 kg en 2024, lo que representa un cambio genético anual estimado de 154 g. Para el peso al año, se registró un incremento en las DEP dentro del mismo intervalo temporal, con un cambio genético promedio de 107 g por año. En contraste, las DEP para peso al destete materno mostraron una tendencia negativa progresiva, pasando de 0.0159 kg en 1998 a -2.0443 kg en 2024, lo que equivale a una reducción genética anual de aproximadamente 70 g. Por su parte, las DEP para peso al nacimiento y talla corporal no mostraron cambios significativos a lo largo del tiempo.

Discusión

Aunque las tendencias fenotípicas y genéticas pueden mostrar comportamientos divergentes a lo largo del tiempo, en la población analizada no se observaron cambios fenotípicos evidentes. En contraste, las tendencias genéticas revelaron un progreso positivo en peso al destete directo y peso al año, así como una tendencia negativa en el peso al destete materno. Esta discrepancia puede atribuirse a la influencia de factores ambientales, los cuales afectan directamente la expresión fenotípica.

La selección de animales con valores genéticos superiores constituye una herramienta eficaz para inducir cambios acumulativos y permanentes en la población, lo cual representa una ventaja sustancial a largo plazo. Sin embargo, este enfoque también conlleva riesgos potenciales, particularmente en el caso de características que presentan correlaciones genéticas desfavorables. Por esta razón, es esencial aplicar criterios de selección basados en múltiples características, en lugar de centrarse exclusivamente en una sola característica, ya que esto puede conducir a efectos negativos en otras características productivas. Un ejemplo bien documentado es la disminución en la salud y fertilidad de las vacas lecheras como resultado de la selección intensiva enfocada únicamente en características productivas correlacionados negativamente (Pritchard *et al*., 2013).

Estos efectos, ya sean beneficiosos, adversos o no deseados, tienen un impacto directo sobre la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción animal (Nielsen *et al*., 2013). Además, un análisis a nivel de hato podría revelar tendencias divergentes, producto de los distintos objetivos y criterios aplicados en los programas de cruzamiento. Esta variabilidad pone de manifiesto la complejidad inherente a los esquemas de mejoramiento genético y subraya la necesidad de implementar enfoques integrales y estratégicos en el diseño de dichos programas.

Conclusiones

En conclusión, el seguimiento de las tendencias fenotípicas y genéticas proporciona una visión integral sobre la orientación de las decisiones de selección dentro de los programas de mejoramiento genético. Este enfoque permite evaluar la efectividad de dichas estrategias y resalta la relevancia de difundir de manera sistemática la información relacionada con los animales que presentan los valores genéticos más elevados para las características de interés económico. Las DEP utilizadas en este estudio representan una herramienta técnica de gran utilidad para la definición y optimización de los objetivos de selección. Su aplicación adecuada es esencial para incrementar la eficiencia de los programas de crianza y acelerar el ritmo del cambio genético anual, el cual aún presenta un margen considerable de mejora en el mediano y largo plazo.

Referencias bibliográficas

1. Harville, D. A., y Henderson, C. R. (1967). Environmental and Genetic Trends in Production and Their Effects on Sire Evaluation. Journal of Dairy Science, 50(6), 870–875. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(67)87537-4
2. Henderson, C. R. (1988). Theoretical Basis and Computational Methods for a Number of Different Animal Models. Journal of Dairy Science, 71, 1–16. https://doi.org/10.1016/S0022-0302(88)79974-9
3. Nielsen, H. M., Amer, P. R., y Byrne, T. J. (2014). Approaches to formulating practical breeding objectives for animal production systems. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science, 64(1), 2–12. https://doi.org/10.1080/09064702.2013.827237
4. Pritchard, T., Coffey, M., Mrode, R., y Wall, E. (2013). Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. Animal, 7(1), 34–46. https://doi.org/10.1017/S1751731112001401

TENDENCIAS GENÉTICAS Y FENOTÍPICAS DE CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN GANADO CHAROLAIS.

René Calderón-Chagoya[a]*, Rafael Upalía-Orozco[a], Moisés Montaño-Bermúdez[a], Vicente E. Vega-Murillo[b].

[a] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Colón, Querétaro, México.
[b] Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, Veracruz, México.

* Autor para correspondencia chagoya.rene@inifap.gob.mx

Palabras clave: grasa, marmoleo, rendimiento.

Introducción

La raza Charolais se encuentra entre las más utilizadas en los sistemas de producción de carne en México, principalmente por su elevado potencial de crecimiento y su destacada eficiencia en el rendimiento en canal. En años recientes, los productores de ganado bovino de registro han incorporado la evaluación de características de la canal mediante el uso de ultrasonido, lo que ha permitido integrar tanto información fenotípica como estimaciones del valor genético en los procesos de selección. En este contexto, el propósito fundamental de la evaluación genética es clasificar a los individuos de acuerdo con su valor genético para determinadas características productivas.

Una vez estimados los valores genéticos, es posible analizar su comportamiento a lo largo del tiempo con el fin de valorar el impacto de las estrategias de selección implementadas en el hato. Las tendencias fenotípicas describen los cambios en el desempeño promedio de una población a lo largo del tiempo; no obstante, dichos cambios pueden deberse a variaciones ambientales y no necesariamente reflejar un progreso genético. En contraste, las tendencias genéticas definidas como el cambio en el valor genético promedio por unidad de tiempo permiten evaluar de manera más precisa la eficacia de los programas de selección (Harville y Henderson, 1967).

Es fundamental considerar las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características de la canal y otras características de interés económica. Diversas investigaciones realizadas en ganado de carne han reportado correlaciones genéticas positivas, de moderadas a altas, entre características de crecimiento y peso de canal, lo cual evidencia el efecto de la selección dirigida al aumento del tamaño corporal. Por otro lado, se han documentado correlaciones genéticas negativas, de baja a moderada magnitud, entre características de crecimiento y espesor de grasa subcutánea, lo que podría implicar una disminución no intencionada en la cobertura grasa como consecuencia de dicha selección (Torres-Vázquez *et al*., 2018). Finalmente, aunque las correlaciones fenotípicas entre crecimiento y grasa intramuscular suelen ser bajas, las correlaciones genéticas tienden a ser positivas, lo que sugiere la posibilidad de mejorar ambas mediante programas de selección adecuados (Torres-Vázquez *et al*., 2018).

El objetivo del presente estudio es el análisis conjunto de las tendencias genéticas y fenotípicas para la evaluación del progreso alcanzado en las características de la canal del ganado Charolais.

Materiales y métodos

Se estudiaron las tendencias fenotípicas y genéticas de las características de la canal en ganado Charolais, las cuales incluyen:

- Área del lomo, el cual se mide entre la 12ª y 13ª costilla.
- Grasa dorsal, el cual es el grosor de grasa entre la 12ª y 13ª costilla
- Grasa de la cadera, el cual es el espesor de grasa en la cadera, medida con ultrasonido entre ganchos y clavijas.
- Porcentaje de grasa intramuscular, el cual es la grasa entre fibras musculares del área del lomo, evaluada con ultrasonido entre las costillas 12ª y 13ª.
- Grado de marmoleo, el cual es la calidad de la carne basada en la grasa intramuscular, determinada con la medida del contorno del músculo *longissimus dorsi*.
- Grado de rendimiento, es la clasificación USDA que indica el porcentaje esperado de cortes deshuesados para venta al por menor.

Para este estudio, se contó con información genealógica y de composición racial de 970 animales nacidos entre los años 2014 y 2020, proporcionada por la Asociación Charolais Charbray Herd Book de México. En el Cuadro 1 se presentan las estadísticas descriptivas correspondientes a las características evaluadas.
La estimación de las tendencias fenotípicas se realizó a partir de los valores observados de las variables de canal. En tanto, las tendencias genéticas se derivaron de las DEP, las cuales fueron obtenidas mediante la aplicación de un modelo animal. Este modelo incluyó como efectos fijos al grupo contemporáneo (hato-año-estación) y al sexo, mientras que la proporción de genes Charolais, la heterosis y la pérdida por recombinación se incorporaron como covariables.
Para la estimación de las tendencias fenotípicas y genéticas se calcularon las medias anuales tanto de los registros fenotípicos como de las DEP correspondientes a las características de la canal, agrupando los datos por año de nacimiento de los animales. El cambio genético anual se estimó como la pendiente de la regresión lineal de los valores promedio anuales de las DEP en función del año de nacimiento.

Cuadro 1. Descripción de la información utilizada en los análisis en ganado Charoláis.

Característica	N	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Área del lomo (pulgadas^2)	970	10.13	2.23	4.79	17.58
Grasa de la cadera (pulgadas)	900	0.08	0.08	0.01	0.55
Grasa dorsal (pulgadas)	901	0.09	0.08	0.02	2.03
Grasa intramuscular (%)	970	2.47	0.65	0.63	5.64
Marmoleo (puntos)	845	4.04	0.38	2.99	5.93
Rendimiento (puntos)	901	2.21	0.15	0.06	3.13

Resultados
En la Figura 1a se presentan las tendencias fenotípicas correspondientes al periodo 2014–2020 para las características de la canal evaluadas en animales de la raza Charolais. Los valores promedio de grasa intramuscular oscilaron entre 2.27 % en 2019 y 2.55 % en 2017. En el caso del grado de marmoleo, se registraron valores entre 3.97 (2019) y 4.14 (2017). El área del lomo mostró una disminución progresiva, variando de 10.16 pulgadas² en 2014 a 7.56 pulgadas² en 2020. La grasa dorsal se mantuvo en un rango estrecho, con valores de 0.05 pulgadas (2018) y 0.08 pulgadas (2014), respectivamente. Por su parte, el grado de rendimiento fluctuó entre 2.16 (2018) y 2.35 (2020). La grasa de la cadera presentó un comportamiento similar al de la grasa dorsal, con valores que variaron entre 0.05 pulgadas (2018) y 0.08 pulgadas (2014).
La Figura 1b muestra los valores promedio anuales de las diferencias esperadas en la progenie (DEP) para las mismas características de canal. En general, las tendencias genéticas para marmoleo, rendimiento, grasa de la cadera y grasa dorsal se mantuvieron estables a lo largo del tiempo, sin mostrar cambios relevantes. No obstante, se identificó una ligera tendencia negativa en el área del lomo, con el cambio genético anual de –0.0017 pulgadas². En contraste, la grasa intramuscular presentó una tendencia positiva, con un cambio genético anual de 0.03 %.

Discusión
No se observó un progreso genético sostenido en las características de la canal, a pesar de que diversos estudios han demostrado que presentan heredabilidades de moderadas a altas (Englishby et al., 2016). Si bien los resultados obtenidos revelan tendencias genéticas ligeramente negativas para el área del lomo y positivas para la grasa intramuscular, la magnitud de estos cambios es pequeña, lo que indica que aún existe un amplio margen para mejorar dichas características mediante la selección.
La utilización de animales con valores genéticos superiores representa una estrategia eficaz para inducir cambios acumulativos y permanentes en la población, con beneficios sostenibles a largo plazo. Sin embargo, la mejora de los sistemas de producción ganadera requiere una comprensión integral de la variabilidad en las características de la canal y otras características. La predicción precisa de estas características depende de una estimación robusta de los componentes de (co)varianza genotípicos, así como de los efectos ambientales en que se desarrolla el ganado (Mirzaei et al., 2011).
En este contexto, la implementación de índices de selección diseñados específicamente para animales de líneas terminales o maternas constituye una herramienta estratégica con alto potencial para mejorar

simultáneamente múltiples características de la canal, optimizando así la eficiencia y rentabilidad de los sistemas de producción.

Conclusiones

En conclusión, para satisfacer la demanda nacional de carne, los productores deben considerar en sus decisiones de selección tanto las características de la canal como otras características de interés económico. Las DEP analizadas en este estudio constituyen una herramienta valiosa para optimizar los objetivos de crianza y adecuar las prácticas de manejo a las exigencias del mercado. El análisis de las tendencias fenotípicas y genéticas permite identificar la dirección que están tomando las decisiones de selección en el campo, y resalta la importancia de difundir información sobre los animales con mayor valor genético para cada característica de interés económico. Esto es fundamental para acelerar el progreso genético anual, el cual aún presenta un margen considerable de mejora en los próximos años.

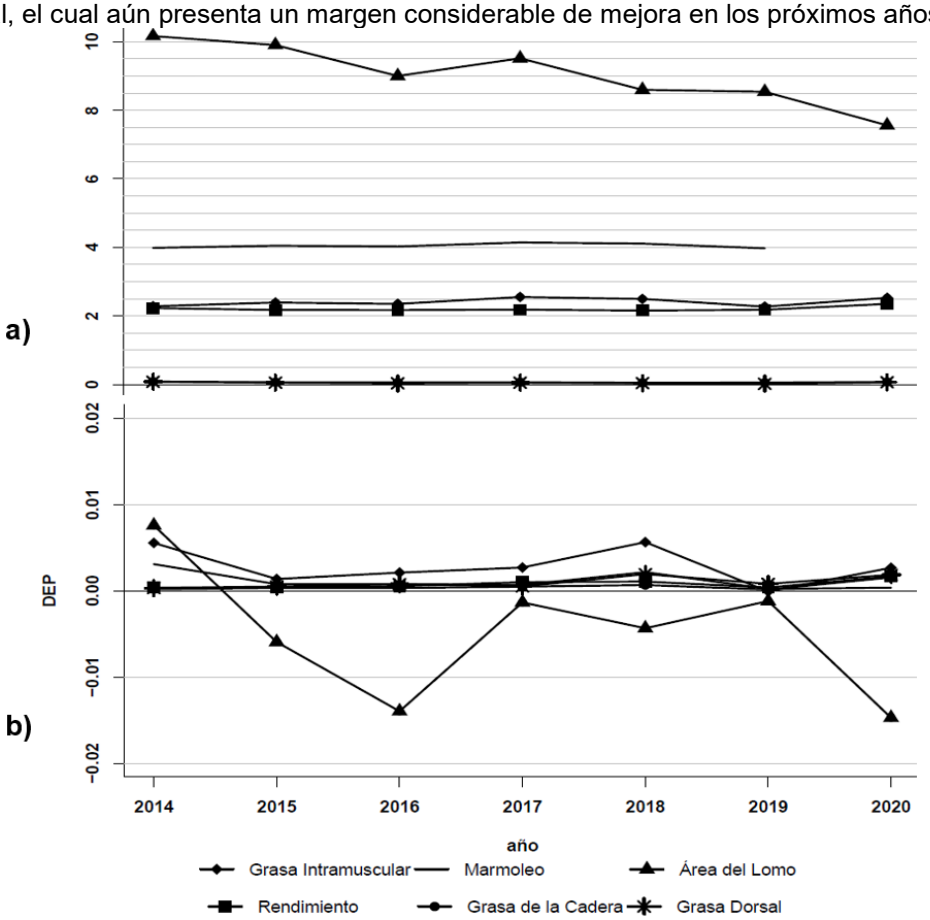


Figura 1. Tendencias fenotípicas (a) y genéticas (b) de acuerdo al año de nacimiento para área del lomo, grasa de la cadera, grasa dorsal, grasa intramuscular, marmoleo y rendimiento en ganado Charoláis.

Referencias bibliográficas

Englishby, T. M., Banos, G., Moore, K. L., Coffey, M. P., Evans, R. D., y Berry, D. P. (2016). Genetic analysis of carcass traits in beef cattle using random regression models1. Journal of Animal Science, 94(4), 1354–1364. https://doi.org/10.2527/jas.2015-0246

Harville, D. A., y Henderson, C. R. (1967). Environmental and Genetic Trends in Production and Their Effects on Sire Evaluation. Journal of Dairy Science, 50(6), 870–875. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(67)87537-4

Mirzaei, H. R., Verbyla, A. P., y Pitchford, W. S. (2011). Joint analysis of beef growth and carcass quality traits through calculation of co-variance components and correlations. Genetics and Molecular Research, 10(1), 433–447. https://doi.org/10.4238/vol10-1gmr1108

Torres-Vázquez, J. A., van der Werf, J. H. J., y Clark, S. A. (2018). Genetic and phenotypic associations of feed efficiency with growth and carcass traits in Australian Angus cattle. Journal of Animal Science, 96(11), 4521. https://doi.org/10.1093/JAS/SKY325

COMPOSICIÓN DEL HATO BOVINO EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DEBURGOS Y MÉNDEZ, TAMAULIPAS.

Rubén Darío Garza-Cedillo*[1], Oscar Guadalupe Barrón-Bravo[2], Ricardo Avilés-Ruiz[2], Jonathan Raúl Garay-Martínez[2], Pedro Hernández-Rojas[3] y Jorge Salinas-Garza[4]

[1]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, [2]Campo Experimental Las Huastecas CIRNE-INIFAP, [3]Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP, [4]Facultad de Ingeniería y Ciencias-UAT

*Autor para correspondencia: garza.ruben@inifap.gob.mx

Palabras clave: bovinos, diagnóstico ganadero, recursos genéticos.

Introducción

La ganadería bovina es muy importante a nivel mundial, ya que contribuye a la soberanía alimentaria. La carne de bovino por sus características nutrimentales es de gran importancia para el bienestar humano. México es el sexto productor a nivel mundial y cuenta con más de 35.2 millones bovinos, de los cuales 32.6 y 2.6 millones son para producción de carne y leche, respectivamente. Actualmente en México, en el ciclo 2024-2025 de la exportación de ganado a Estados Unidos de América registra un total de 1.18 millones de animales. El estado de Tamaulipas ocupa el tercer lugar a nivel nacional con 279,662 animales exportados. Esta cadena agroalimentaria también juega un papel importante en el contexto social y es la cadena pecuaria más ampliamente difundida en el país, ya que está presente en todos los ambientes y en todas las entidades federativas, representando el sustento económico de la mayoría de los ganaderos mexicanos, ya sea como fuente única o complementaria de ingresos. En las regiones tropicales se encuentra más del 50% de las unidades de producción y en esta región se produce el 80% de la biomasa forrajera del país, por medio de la práctica de pastoreo (González *et al*., 2019). La caracterización de los hatos en las Unidades de Producción Familiar (UPF) de productores de ganado es muy importante, ya que es el punto de partida para saber las condiciones y generar recomendaciones para el fortalecimiento y apoyo, con lo cual se mejora el desarrollo de investigación, comparando la dinámica de los sistemas de producción a través del tiempo y determinando cómo influyen los diferentes factores que inciden en el desarrollo agropecuario. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar la composición del hato bovino en las UPF de Burgos y Méndez, Tamaulipas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en los municipios de Burgos y Méndez, Tamaulipas, México, ubicados entre 128 y 200 msnm; con clima muy cálido, precipitación media anual entre 500 a 600 mm y temperatura anual promedio de 23.5 ºC. Para el diagnóstico de las Unidades de Producción Familiar (UPF) se formuló un cuestionario titulado “Desarrollo Rural”, estructurado por el INIFAP y SIAP, en el que se incluyeron variables cuantitativas de aspectos reproductivos y productivos. El cuestionario se aplicó mediante entrevistas a los productores en visitas directas a las UPF en los ejidos Alto el coyote, Las abras, El Charco, Cándido Aguilar, El Divisadero, Emiliano Zapata (Las Amarillas), El Mulato, Benito Juárez (Potreros), Francisco I. Madero, La Pasión, Maclovio Herrera, Labores de la paz, La Cieneguita, El Sarnoso, La Escondida, Rancho Zaragoza y El becerro del Municipio de Burgos; y los ejidos de Guadalupe, Jesús María, Santa Rita, Hugo Pedro González, Juan Sarabia, Comas Altas, Pedro J. Méndez y Gallinas Mochas del municipio de Méndez, Tamaulipas. La selección de las UPF se realizó por muestreo no probabilístico con base a la lista de integrantes del PRODETER. El tamaño de muestra (40 encuestas) se determinó mediante la técnica de Rojas (2013) con un nivel de precisión de 10 % y un nivel de confianza de 95 %. Los recorridos de campo se realizaron durante los meses de febrero a marzo del 2020. La información recabada se analizó mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar, mínimo y máximo) con el programa SAS.

Resultados y discusión

En los sistemas de producción de bovinos de Burgos y Méndez, el patrón racial más representativo (Cuadro 1) de sementales en los hatos ganaderos es Beefmaster (43.6 %); mientras, que en las hembras el patrón racial es Beefmaster (33.2 %) y Charolais (27.8 %). Garay *et al*. (2020) estudiaron la conformación del hato en bovinos de la región del Mante, Tamaulipas, México, y encontraron que las principales razas bovinas

fueron Criollo (56.0 %), Pardo Suizo x Cebú (34.0 %) y 10.0 % de razas Pardo Suizo, Beefmaster, Charolais y Suiz-Bú, lo cual difiere a lo encontrado en los municipios de estudio.

Cuadro 1. Composición del hato bovino en UPF de Burgos y Méndez, Tamaulipas.

Raza del macho	Porcentaje %	Raza de la hembra	Porcentaje %
Beefmaster	43.6	Beefmaster	33.2
Simmental	12.5	Simmental	5.6
Criollo	12.5	Criollo	11.1
Charolais	12.5	Charolais	27.8
Angus	6.3	Angus	11.1
Pardo Suizo Americano	6.3	Pardo Suizo Americano	5.6
Brangus Rojo	6.3	Brangus Rojo	5.6

En cuanto a la conformación del hato (Cuadro 2) este estuvo compuesto por 21 animales en promedio, de los cuales el 46.2 % (9.7) fueron vacas adultas, 17.6 % (3.7) fueron vaquillas del servicio al primer parto, 14.3 % (3.0) fueron hembras en desarrollo del destete al servicio, 11.0 % (2.3) fueron becerras, 5.7 %(1.2) fueron becerros, 4.8 % (1.0) fueron sementales y 0.5 % (0.1) fueron toretes. Los resultados obtenidos en el presente estudio para sementales, vacas adultas y becerras fueron similares a los reportados por Vilaboa *et al*. (2009) quienes estudiaron la conformación del hato en bovinos de la región del Papaloapan, Veracruz, México, y obtuvieron una composición del hato ganadero con sementales (3.0 %), vacas (49.0 %), novillonas (19.0 %), novillos (2.0 %), becerras (12.0 %) y becerros (14.0 %). Por otro lado, Quiroz *et al*. (2014) al estudiar la estructura del hato en Tabasco, México, obtuvieron una composición de 2.3 sementales, 58.5 vacas, 14.6 vaquillas en edad reproductiva, novillas, 15.3, 13.3 becerras lactantes, 12.7 becerros lactantes y 5.2 toretes, lo cual resultó superior a lo obtenido en el presente estudio.

Cuadro 2. Conformación del hato bovino en UPF de Burgos y Méndez, Tamaulipas.

Variable	Media	%	*S*	Mínimo	Máximo
Número de animales en el hato	21.0	100.0	8.8	7.0	40.0
Sementales	1.0	4.8	0.5	0.0	2.0
Vacas adultas	9.7	46.2	6.0	1.0	20.0
Vaquillas (del servicio al primer parto)	3.7	17.6	3.7	0.0	13.0
Hembras en desarrollo (destete a servicio)	3.0	14.3	3.9	0.0	13.0
Becerras	2.3	11.0	2.3	0.0	6.0
Becerros	1.2	5.7	1.9	0.0	7.0
Toretes	0.1	0.5	0.4	0.0	1.0

S: desviación estándar.

Conclusiones

En las UPF de Burgos y Méndez, Tamaulipas, el patrón racial más representativo en machos es Beefmaster y en hembras es Beefmaster y Charolais, como razas especializadas para la producción de carne. El 68.6 % del hato ganadero se encuentra en etapa productiva, lo que representa un pilar estratégico para fortalecer la seguridad alimentaria del país.

Agradecimientos y fuente financiadora

Proyecto Diagnostico Técnico-Productivo y Transferencia de Tecnología para Incrementar la Productividad-Rentabilidad de Caprinos en el Municipio de Burgos, del Estado de Tamaulipas, financiado por el Gobierno del Estado de Tamaulipas.

Referencias bibliográficas

1. Garay M. J.R., Barrón B. O. G., Maciel T. S. P., Avilés R. R., Joaquin C. S., Bautista M. Y. y Granados R. L. D. 2020. Caracterizacion de los unidades de produccion de bovinos en el Mante, Tamaulipas. Ciencia e Innovacion 3(1):113-124.

.

2. González P. E, Lassala A, Pedernera M, and Gutiérrez C., 2019. Cow-calf management practices in Mexico: Farm organization and infrastructure. Veterinaria México AO. 6:1-17.
3. Quiroz J., Granados L., Barron M., Espejel A. y Espinosa J. A. 2014. Estructura de los hatos bovinos en Tabasco, Mexico. Actas Iberoamericanas de Conservacion Animal. 252-253.
4. Rojas, S. R. 2013. Guía para realizar investigaciones sociales. 38ª edición Plaza y Valdez S.A. de C.V. México, D.F. 437 p.
5. Vilaboa A. J., Díaz Rivera P, Ruiz Rosado O, Platas Rosado De, González M. S, Juárez Lagunes F., 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. Tropical and Subtropical Agroecosytems 10(1): 53-62.

MODELADO DE LA PRODUCCIÓN DE METANO EN BOVINOS HOLSTEIN MEDIANTE LA ECUACIÓN DE LA CURVA DE LACTACIÓN DE WOOD.

Saúl P. Alatriste[1]*, José Luis Romano-Muñoz[2], René Calderón-Chagoya[2], Felipe de Jesús Ruíz-López[2], Alma D. Servín-Tome[1], Hugo O. Toledo-Alvarado[1]

[1]FMVZ, UNAM, [2]CENID Fisiología y Mejoramiento Animal INIFAP

Autor para correspondencia: saul.alatriste@fmvz.unam.mx

Palabras clave: metano, lactación, Wood

Introducción

Se reporta que el ganado bovino puede ser responsable por hasta el 0.37% del metano (CH_4) producido a nivel global. Este gas de efecto invernadero es hasta 28 – 30 veces más potente que el CO_2 y es responsable por aproximadamente el 30% del aumento en la temperatura media global desde el inicio de la Revolución Industrial. Dada su corta vida media atmosférica, es de gran interés su mitigación como una medida más en contra del continuo cambio climático antropogénico.

Existen varias estrategias para la mitigación del CH_4 entérico, como la selección genética, modificadores ruminales, y cambios en el manejo de los animales (1). Entre estos tres grupos, los cambios en las prácticas de manejo son más fácilmente aplicables a corto plazo y de estas, el consumo de materia seca (DMI) se reporta con una correlación del 83% con la producción de CH_4. Dado que el DMI cambia con respecto al estado fisiológico del animal y que esta ha sido modelada mediante la curva de lactación, es posible que la producción de CH_4 se comporte de manera similar.

El modelo de Wood (2), es uno de los modelos más utilizados para describir la curva de lactación estándar. Actualmente, esta y otras ecuaciones no lineales, también son usadas para modelar el comportamiento de otros fenotipos, como el contenido de proteína y grasa en la leche, con el fin de adaptar prácticas de manejo adecuadas a la curva de lactación. Hasta el momento, no se ha reportado la modelación de las emisiones de metano a lo largo de la lactación en bovinos lecheros.

El objetivo de este trabajo fue estudiar la producción de metano, en ganado Holstein, mediante el ajuste del modelo de Wood a fin de determinar el comportamiento de la producción de CH_4 a lo largo de la curva de lactación.

Materiales y métodos

Se usaron datos provenientes de un hato de 185 vacas lecheras de raza Holstein, en Querétaro. Las mediciones de metano diarias (CH4 g/día) se obtuvieron en el hato mediante el método sniffer, desde septiembre del 2018 hasta febrero del 2020

Mediante el lenguaje de programación R y las librerías “lubridate” y “tidyverse” para la edición y limpieza de la base de datos, se consideraron como anómalos aquellos valores de la variable CH_4 g/día que se encontraron a ±3 desviaciones estándar (SD) de la media. La base de datos final tuvo 106 vacas con 17,580 observaciones en total.

$$y_t = a * t^b * e^{-c*t}$$
Donde: y_t = producción promedio al día t, a = parámetro relacionado al nivel de producción al inicio de la lactación, b = fase ascendente de la curva, c = fase descendente de la curva

Se ajustó el modelo de Wood, descrito en la ecuación anteriormente mencionada, a la producción de CH_4 promedio por día de lactación (CH_4 g/día) mediante la funcón *nlm*. Para la representación gráfica del modelo ajustado, se usó la librería “ggplot2”. Se calcularon los criterios de ajuste del modelo: Aikaike (AIC), Aikaike corregido (AICc), Bayesiano (BIC) y logaritmo de máxima verosimilitud (LogL).

Resultados y discusión

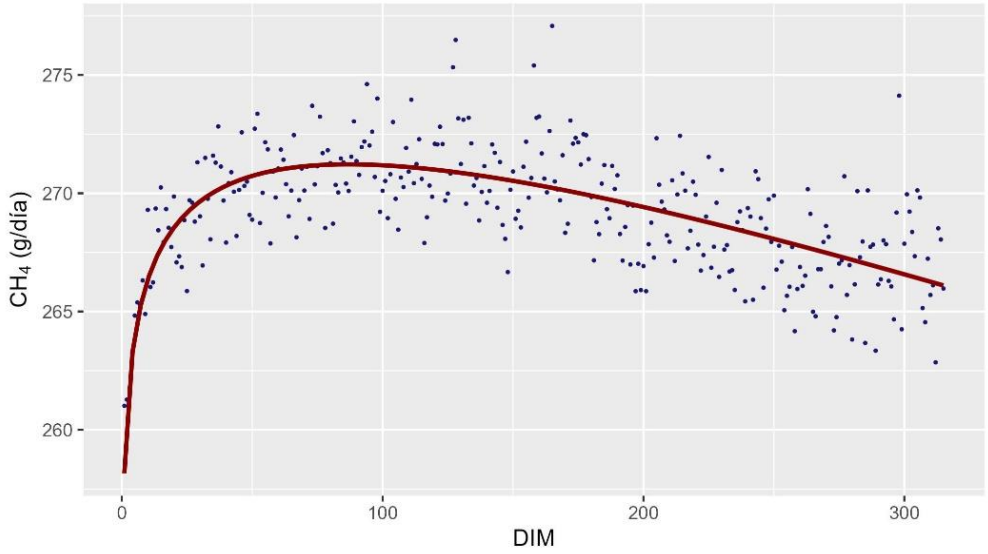
La media de la producción de CH_4 g/día fue de 269.8 ± 12.4 g/día. Difford y colaboradores (3), reportaron una media de 521 ± 56 L/d de CH_4 medido en cámara metabólica considerado el estándar de oro, mientras que Manzanilla-Pech y colaboradores, obtuvieron una media de 354.83 ± 73.17 g/día con el método *sniffer* (4). Las diferencias entre los valores reportados de los estudios citados y el presente pueden deberse a

variaciones intrínsecas del animal, así como influencia medioambiental, considerando la sensibilidad del método de medición al flujo del viento y los movimientos de la cabeza del animal durante la medición.

$y_t = (258.18 \pm 0.9) * t^{(1.42E-2 \pm 1.01E-3)} * e^{(-1.63E-4 \pm 1.04E-5) * t}$
Donde: y_t = producción promedio de CH_4 g/día al día *t* de la lactación.

En la ecuación anteriormente descrita se establece el modelo de Wood ajustado a la producción de CH_4 g/día promedio del hato (ecuación 2), obtuvo como coeficiente de regresión *a*, un valor de 258.18 ± 0.9 g/día ($p < 0.0001$). Los parámetros *b* (1.42 x 10^{-2}- 1.01 x 10^{-3}) y *c* (1.63 x 10^{-4} - 1.04 x 10^{-5}) resultaron estadísticamente significativos ($p < 0.0001$). El ajuste del modelo fue evaluado mediante los criterios AIC (138,264), AICc (138,264), BIC (138,295) y LogL (-69,128). Gráficamente (figura 1) se aprecia buen ajuste de la ecuación respecto a la producción de CH_4 g/día promedio.

Figura 1: modelo de Wood (en rojo) ajustado a la producción promedio de CH_4 diario (CH_4 g/día) por día de lactación (DIM) (en azul).



El CH_4 entérico en los bovinos es producido principalmente por bacterias metanogénicas presentes en el rumen, las cuales aprovechan el H_2 como agente reductor. El H_2 es proporcional a la cantidad de monosacáridos consumidos por el animal, puesto que es producido durante el catabolismo de los mismos, necesario para la formación de ácidos grasos volátiles (AGVs). De este fenómeno se entiende que un mayor consumo de materia seca (DMI) se traduzca en el incremento de la formación de AGVs y subproductos como el H_2. Siendo el CH_4 el principal sumidero de H_2 en el rumen, es lógico asumir que a mayor presencia de H_2 haya una mayor cantidad de CH_4 (5).

Conclusiones

Este estudio, ha demostrado la posibilidad de aplicar un modelo no lineal, previamente utilizado para el modelado de otros fenotipos como la, DMI, lactosa, proteínas y grasa en la leche, para describir el comportamiento de la producción del CH_4 a lo largo de la lactación.

Agradecimientos y fuente financiadora

El financiamiento para este proyecto fue provisto gracias al proyecto “Índices de selección genética para disminuir las emisiones de metano en ganado lechero” (Proyecto PAPIIT – IA202524).
Se agradece al CAETEC por la proporción de los datos.

.

Referencias bibliográficas

1. Tseten T, Sanjorjo RA, Kwon M, Kim SW. Strategies to Mitigate Enteric Methane Emissions from Ruminant Animals. J Microbiol Biotechnol. 2022 Mar 28;32(3):269–77.
2. P.D.P. Wood. Algebraic Model of the Lactation Curve in Cattle. Nature. 1967 Oct 14;216:164–5.
3. Difford GF, Olijhoek DW, Hellwing ALF, Lund P, Bjerring MA, de Haas Y, et al. Ranking cows' methane emissions under commercial conditions with sniffers versus respiration chambers. Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences. 2018 Jan 2;68(1):25–32.
4. Manzanilla-Pech CIV, Difford GF, Sahana G, Romé H, Løvendahl P, Lassen J. Genome-wide association study for methane emission traits in Danish Holstein cattle. J Dairy Sci. 2022 Feb 1;105(2):1357–68.
5. Beauchemin KA, Ungerfeld EM, Eckard RJ, Wang M. Review: Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. In: Animal. Cambridge University Press; 2020. p. S2–16.

ANÁLISIS GENÓMICO PRELIMINAR Y RECONSTRUCCIÓN DEL PEDIGRÍ DEL BISONTE AMERICANO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE JANOS MEDIANTE SNPS.

Francisco Joel Jahuey-Martínez[1]*, Joel Domínguez-Viveros[1], Guadalupe Nelson Aguilar-Palma[1], Juan Carlos Martínez-González[2], Jessica Beatriz Herrera-Ojeda[3]

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chihuahua, México; [2]Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Victoria, Tamaulipas; [3]Instituto Tecnológico del Valle de Morelia

*Autor para correspondencia: fjahuey@uach.mx

Palabras clave: bisonte, SNP, pedigrí

Introducción

Los bisontes americanos (*Bison bison*) han sido una parte integral del paisaje de América del Norte durante milenios, desempeñando un papel crucial en los ecosistemas de pastizales y siendo una pieza fundamental en la cultura e historia de la región. Sin embargo, a lo largo de los siglos, la población de bisontes ha sufrido una dramática disminución debido a la caza excesiva, la fragmentación del hábitat y la pérdida de diversidad genética. En respuesta a estas amenazas, se han establecido programas de conservación en diferentes partes de América del Norte para proteger y restaurar las poblaciones de bisontes, incluida la Reserva de la Biósfera de Janos, ubicada en Chihuahua, México (Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, 2024).

La Reserva de la Biósfera de Janos alberga una población de bisontes americanos que ha sido objeto de programas de conservación y manejo para garantizar su supervivencia a largo plazo. Esta población surgió en 2009 con la introducción de 20 hembras y 3 machos provenientes del Wind Cave National Park en Dakota del sur, Estados Unidos (List *et al*., 2007) y ha crecido llegando a superar los 200 animales en 2024. A la fecha, la gestión de la población se ha centrado principalmente en su conservación como una población silvestre, sin implementar estrategias de selección genética dirigidas al mejoramiento. Se lleva a cabo un censo y evaluación anual de la población, y se eliminan animales, especialmente machos, con el fin de facilitar la gestión del hato. Estas decisiones se basan en el tamaño de los animales, priorizando la conservación de las instalaciones existentes y la protección de los individuos jóvenes. Aunque se ha manejado como una población silvestre, la manada de Janos enfrenta riesgos de consanguinidad, con un tamaño efectivo estimado de 12.5 y un incremento de endogamia del 4% por generación (Domínguez-Viveros *et al*. 2023).

La población de bisontes en la Reserva de la Biósfera de Janos representa un esfuerzo clave de conservación en México, pero enfrenta riesgos por su reducido tamaño efectivo y posible pérdida de diversidad genética. Comprender su estructura familiar y genética es fundamental para evitar la consanguinidad, mejorar el manejo poblacional y garantizar su viabilidad a largo plazo. El objetivo de este trabajo fue analizar el genoma del bisonte americano (*Bison bison*) mediante marcadores genéticos SNP y reconstruir el pedigrí de la manada de la Reserva de la Biósfera de Janos.

Materiales y métodos:

Se analizó la información genotípica de 394 bisontes del periodo 2019-2023 que fueron caracterizados con chips de 50 mil (Domínguez-Viveros *et al*., 2022) y 100 mil SNPs de bovino. Estos animales pertenecen a la reserva de la biósfera de Janos en Chihuahua. Primeramente, se utilizaron los marcadores comunes entre ambos chips y luego se investigó su polimorfismo analizando las frecuencias alélicas y genotípicas de los SNPs. Los datos genotípicos fueron filtrados con el software PLINK (Purcell, 2007) considerando la tasa de llamado (CR), frecuencia del alelo menor (MAF) y equilibrio de Hardy-Weinberg (HWE) a nivel de *locus*, así como la tasa de llamado (CR) y heterocigocidad a nivel de individuos. El pedigrí de la población de bisontes fue inferido a partir de los marcadores genéticos utilizando el paquete sequoia (Huisman, 2017) del software R. La matriz de relaciones genómicas (GRM) fue calculada con GCTA utilizando la opción corregida por endogamia, adecuada para poblaciones cerradas como la aquí analizada.

Resultados y Discusión

Un total de 47,830 marcadores genéticos SNPs comunes entre los chips 50K y 100K fueron analizados. A nivel individuo, el CR promedio fue de 0.94 ± 0.02 y se eliminaron 15 animales con CR < 0.90. La HET promedio fue de 0.06 ± 0.04 y se descartaron 5 animales que presentaron niveles atípicos de HET (±3 desviaciones estándar). A nivel de *locus*, el CR promedio fue de 0.94 ± 0.16 y se eliminaron 4,333 SNPs con CR < 0.90. Solo 18,866 SNPs fueron polimórficos (MAF promedio = 0.04 ± 0.11), y se eliminaron 13,136 SNPs con MAF < 0.01. Únicamente 516 SNPs pasaron la prueba de equilibrio Hardy-Weinberg (P < 0.05). Considerando varios criterios, el conjunto final estuvo conformado por 2533 SNPs de 379 bisontes.

La inferencia de las relaciones de parentesco en la población de bisontes mediante el paquete sequoia permitió identificar 247 pares de relaciones genéticas confiables, considerando únicamente aquellas con razones de verosimilitud logarítmicas (LLR) superiores a 4 (Figura 1A). Las relaciones más frecuentes fueron padre-hijo (PO, n = 90), seguidas por tíos/sobrinos completos (FA, n = 65), medios hermanos (HS, n = 39), abuelos-nietos (GP, n = 26), hermanos completos (FS, n = 23) y parientes de segundo grado (2nd, n = 4). Los valores de LLR para estas asignaciones confiables oscilaron entre 4.02 y 54.45, con una mediana de 7.2 y una media de 11.61, lo que indica evidencia estadística sólida para la mayoría de los pares inferidos. Los coeficientes de relación genética en la GRM oscilaron entre -0.17 y 1.33 (media = -0.001), con una mediana de -0.013. La mayoría de las relaciones se concentraron entre -0.037 y 0.015, aunque se observaron valores extremos positivos que sugieren la existencia de individuos estrechamente emparentados (Figura 1B). Este patrón es consistente con el aislamiento reproductivo y la historia de endogamia de la población de bisontes analizada.

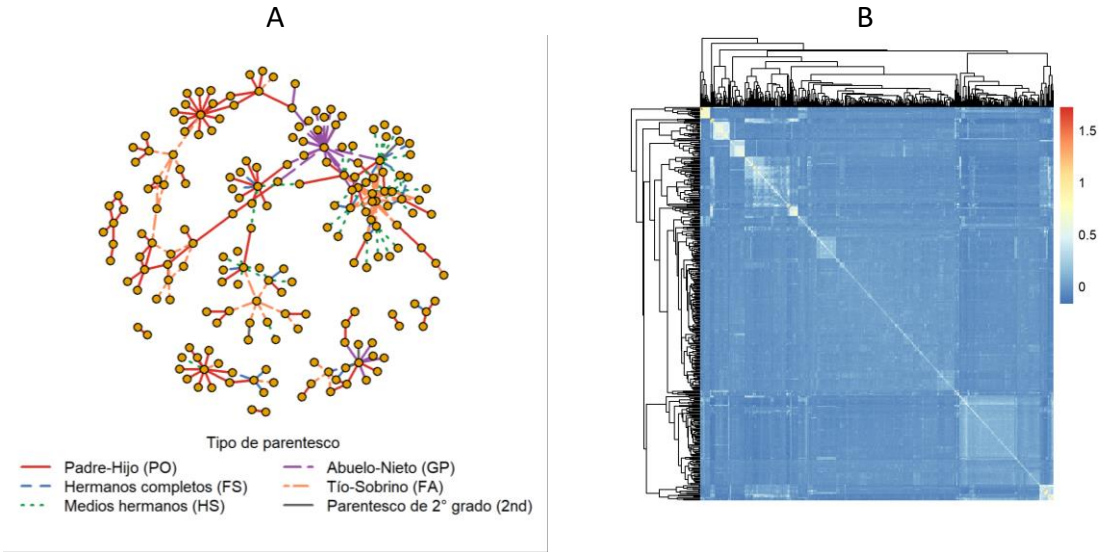


Figura 1. Representación de la estructura de parentesco en la población de bisontes. A) Red de relaciones familiares inferidas mediante el paquete Sequoia, basada en genotipos SNP. Los nodos representan individuos y las aristas indican relaciones de parentesco de alta confianza (LLR > 4). El color y el tipo de línea de cada arista codifican el tipo de relación: padre–hijo (PO), hermanos completos (FS), medios hermanos (HS), abuelos–nietos (GP), tíos–sobrinos completos (FA) y parientes de segundo grado (2nd). B) Matriz de relaciones genómicas (GRM) calculada a partir de los SNPs filtrados utilizando el software GCTA, considerando un modelo ajustado por endogamia. La intensidad del color representa el coeficiente de relación genética entre pares de individuos, donde los valores más altos indican mayor similitud genómica. La estructura de bloques sugiere la presencia de subgrupos familiares o individuos emparentados dentro de la población.

Conclusiones

Los resultados de este análisis genómico preliminar permiten una caracterización más profunda de la estructura genética y familiar de la población de bisontes americanos en la Reserva de la Biósfera de Janos. La depuración rigurosa de los datos genotípicos permitió conservar un conjunto de SNPs de alta calidad que reflejan la variabilidad existente. La reconstrucción del pedigrí reveló múltiples relaciones de

parentesco cercanas, con predominancia de pares padre-hijo y tío-sobrino, lo cual es consistente con el origen fundacional reducido y la reproducción dentro de un grupo cerrado. La matriz de relaciones genómicas (GRM) confirmó la presencia de individuos estrechamente emparentados y reflejó una diversidad genética limitada, con la mayoría de los coeficientes de relación genética cercanos a cero, pero con valores máximos superiores a 1 en algunos casos. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de integrar herramientas de genética molecular en las estrategias de manejo de la población, con el fin de mitigar los efectos de la endogamia, conservar la variabilidad genética remanente y asegurar la sostenibilidad a largo plazo del rebaño. La información generada en este estudio puede ser utilizada como base para la toma de decisiones orientadas a la conservación genética y el manejo reproductivo de esta población emblemática.

Agradecimientos y fuente financiadora
Fundación cuenca los ojos y Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza

Referencias bibliográficas

1. Domínguez-Viveros, J., Aguilar-Palma, G. N., Villa-Angulo, R., Hernández-Rodríguez, N., Pérez-Cantú, J. M., Moir, F., & Calderón-Domínguez, P. (2023). Estructura y variabilidad genética del bisonte americano (*Bison bison*) en México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 14(2), 339–348
2. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. (s.f.). Proyecto REU. Fecha de consulta: 21 de Marzo de 2024. Recuperado de https://www.fmcn.org/es/proyectos/reu
3. Huisman J. (2017). Pedigree reconstruction from SNP data: parentage assignment, sibship clustering and beyond. Molecular ecology resources, 17(5), 1009–1024. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12665
4. List R, Ceballos G, Curtin C, Gogan PJP, Pacheco J, Truett J. (2007). Historic distribution, and challenges to Bison recovery in the northern Chihuahuan desert. Conser Biol. 21:1487-1494
5. Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M. A., Bender, D., Maller, J., Sklar, P., de Bakker, P. I., Daly, M. J., & Sham, P. C. (2007). PLINK: a tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. American journal of human genetics, 81(3), 559–575. https://doi.org/10.1086/519795

SECCIÓN 7
Nutrición y alimentación animal



“ALMUERZO” / *Mario Alfredo Espinosa Martínez*

DEGRADABILIDAD *in sacco* DE ENSILADOS DE CALABAZA PIPIANA (*Cucurbita argyrosperma*) O MELAZA DE CAÑA CON POLLINAZA DESHIDRATADA O UREA.

Daniel Trujillo-Gutiérrez[1]*, Celfo Albino-Abarca[2], Mayra Isela Merlos-Brito[2], Ignacio Arturo Domínguez-Vara[3], Sirley Carrillo-Hernández[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – CENID-FyMA.
[2]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales.
[3]Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
[4]Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.

*Autor para correspondencia: trujillo.daniel@inifap.gob.mx

Palabras clave: pulpa de calabaza, pollinaza deshidratada, degradabilidad *in sacco*.

Introducción

El propósito del cultivo de calabaza pipiana es obtener su semilla, esta es apreciada y usada en la cocina tradicional mexicana. Pero sus residuos ricos en carbohidratos, proteína cruda y minerales son poco utilizados en la alimentación animal; debido a su rápida fermentación. No obstante, el ensilaje de la pulpa de calabaza o melaza de caña con pollinaza deshidratada o urea agrícola, puede conservar y dotar al animal de nutrientes para la época de estiaje en las unidades de producción de Guerrero. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la composición química y degradabilidad *in sacco* de ensilados a base de pulpa de calabaza o melaza de caña mezclada con pollinaza deshidratada o urea agrícola más rastrojo de maíz y agua.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en el CSAEGRO que se ubica en el km 14.5 carretera Iguala-Cocula, Gro. Se elaboraron micro ensilados a base de dos fuentes de carbohidratos (C) fermentables (pulpa de calabaza y melaza de caña) y dos fuentes de nitrógeno (N) soluble (pollinaza deshidratada o urea agrícola). Los ensilados a base de melaza de caña fueron considerados los tratamientos testigos.

Cuadro 2. Composición de ensilados de pulpa de calabaza o melaza de caña con pollinaza deshidratada o urea agrícola.

Variable, g kg^{-1} base húmeda	CAL		MEL	
	PO	UR	PO	UR
Rastrojo de maíz	200.00	310.00	200.00	310.00
Pollinaza deshidratada	205.00	-	205.00	-
Urea agrícola	-	10.00	-	10.00
Melaza de caña	-	-	125.00	175.00
Pulpa de calabaza	125.00	175.00	-	-
Agua	470.00	505.00	470.00	505.00

CAL, pulpa de calabaza; MEL, melaza de caña; PO, pollinaza deshidratada; UR, urea agrícola.

Para la realización de los micro ensilados, los ingredientes se mezclaron y se colocaron a presión en tubos de PVC para evacuar el aire, y se dejaron 30 d en fermentación. Posterior al periodo de ensilaje, se evaluaron para color, olor, textura, desperdicio y pH. Se obtuvieron muestras de los ensilados y se determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína cruda (AOAC, 1997); la fibra detergente neutro y fibra detergente ácido según Van Soest *et al*. (1991). Posteriormente, se realizó la incubación *in sacco* de los tratamientos en dos corridas en una vaca canulada de rumen. Para este propósito las muestras de los tratamientos fueron pesadas en bolsas de dacrón (10×7 cm) por triplicado en cada hora de incubación (0, 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h). Los valores de degradabilidad *in sacco* de la MS fueron determinados por diferencia de peso posterior a la incubación. De los residuos post incubación (72 h) se determinó cenizas y se calculó la degradabilidad de la MO. Finalmente, se ajustó la ecuación de Orskov y McDonald (1979) para describir la cinética de degradabilidad de la MS y MO.

Análisis estadístico

El análisis estadistico fue realizado para variables categóricas con PROC NPAR1WAY, y para variables con distribución normal se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial (2 fuentes de nitrógeno soluble × 2 fuentes de carbohidratos fermentables) con PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2004). Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas con la prueba de Tukey ($P<0.05$).

Resultados y discusión

La MS, MO, FDN y FDA fue similar entre tratamientos, pero la PC fue mayor en los ensilados CAL+PO y MEL+UR (Cuadro 2). El ensilado con mayor puntuación ($P<0.05$) para Olor1 (agradable) fue para CAL+PO y el ensilado relacionado a olor desagradable fue para CAL+UR. No hubo diferencia ($P>0.05$) entre los ensilados cuando se evaluó con la escala Olor2 (dulce – estiércol). Para Color1 se observó que, el ensilado CAL+UR mostró tonalidades claras ($P<0.05$) y el ensilado MEL+UR tuvo color oscuro. Para Color2 no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$). La textura de los ensilados no fue distinta ($P>0.05$) entre tratamientos. El pH del ensilado CAL+UR tuvo el mayor valor que el resto ($P<0.05$). El material de desperdicio post ensilaje fue mayor para MEL+PO ($P<0.05$) por efecto de la fuente de carbohidratos. La Calificación obtenida de los ensilados experimentó efecto ($P<0.05$) de la fuente de C, N y C×N. Juárez-Valladares (2022) reportó las características de fermentación de ensilados a base de pollinaza deshidratada, cerdaza fresca, codornaza deshidratada y urea agrícola mezclados con melaza de caña, subproducto de panadería o pulpa de naranja, y encontró que el pH fue de 3.9 y hasta 7.5. Siendo, los pH más altos para la combinación de excretas o urea con pulpa de naranja. Asimismo, observó que a medida que incluyo pulpa de naranja en los tratamientos, la MS (<540.43 g kg^{-1} MS) y MO (<849.34 g kg^{-1} MS) aumentaron. Mientras que, para Olor1 y Olor2 los ensilados a base de urea agrícola y pulpa de naranja fueron agradables y olor a estiércol, respectivamente. Respecto a las escalas Color1 y Color2 se determinó que los ensilados fueron claros y valoración buena, respectivamente.

Cuadro 2. Composición química y características de fermentación de ensilados a base de excretas pecuarias con pulpa de calabaza o melaza de caña con pollinaza deshidratada o urea agrícola.

Variables	CAL		MEL		P>χ^2	EEM
	PO	UR	PO	UR		
Composición química, g kg^{-1} MS						
Materia seca	423.33	449.66	428.33	443.33	-	-
Materia orgánica	856.67	923.33	850.00	906.67	-	-
Proteína cruda	207.88	179.92	196.94	248.00	-	-
Extracto etéreo	82.50	77.50	80.00	85.00	-	
Fibra detergente neutro	626.67	667.67	470.00	656.67	-	-
Fibra detergente ácido	474.33	442.39	381.10	467.55	-	-
Características de fermentación						
Olor1	32.00	6.00	18.50	21.50	0.03	-
Olor2	13.00	18.00	25.00	22.00	0.51	-
Color1	1.28	3.00	1.28	0.42	0.02	-
Color2	21.00	15.00	21.00	21.00	0.74	-
Textura	26.50	8.50	26.50	16.50	0.07	-
pH	4.96^{b}	6.83^{a}	5.36^{b}	4.36^{c}	-	0.12
Peso del ensilado, kg	2.87^{a}	2.47^{b}	2.41^{b}	2.88^{a}	-	0.04
*Desperdicio, % ^{C}	0.12^{b}	0.08^{b}	0.18^{a}	0.20^{a}	-	0.03
**Calificación $^{C, N, C×N}$	26.50	6.50	23.50	21.50	-	0.23

CAL, pulpa de calabaza; MEL, melaza de caña; PO, pollinaza deshidratada; UR, urea agrícola. χ^2= estadistico de ji cuadrada. EEM, error estándar de la media. N, efecto de la fuente de nitrógeno soluble; C, efecto de la fuente de carbohidratos; C×N, efecto de interacción de la fuente de carbohidratos soluble × la

fuente de nitrógeno soluble. Color1. Puntuaciones de la mediana (Número de puntos por encima de la mediana). Olor1, Olor2, Textura. Puntuaciones de Wilcoxon (suma de rangos).

Para MS y MO, la degradabilidad *in sacco* y la fracción (*a*) fueron menores (P<0.05) en el tratamiento CAL+UR, pero similar (P>0.05) en la fracción (*b*) y tasa de degradación fraccional. Además, el tratamiento CAL+UR tuvo mayor (P<0.05) contenido de material indigestible (*c*) que el resto. En la evaluación *in vitro* de ensilados a base de PO, excretas de cerdo y UR mezclados con MEL o subproducto de panadería, Trujillo *et al*. (2014) reportaron valores (g kg^{-1} MS) mayores de DIVMS (760 – 830), DIVFDN (420 – 519) y degradabilidad de MO (783 – 851) en ensilados a base de excretas pecuarias mezcladas con melaza de caña y subproducto de panadería.

Cuadro 3. Degradabilidad de la materia seca y orgánica de los ensilados a las 72 h de incubación.

	CAL		MEL		EEM
Variables, g kg^{-1} MS	**PO**	**UR**	**PO**	**UR**	
Materia seca					
Degradabilidad	778.33^{a}	522.22^{b}	729.44^{a}	751.66^{a}	27.30
Fracción *a* (soluble)	520.00^{a}	222.22^{c}	432.22^{b}	539.44^{a}	5.48
Fracción *b* (potencialmente degradable)	258.33^{a}	300.07^{a}	297.22^{a}	212.22^{a}	28.63
Fracción *c* (indigestible)	221.67^{b}	447.71^{a}	270.56^{b}	248.33^{b}	27.30
Tasa de degradabilidad fraccional, %/h	3.79^{a}	4.41^{a}	4.37^{a}	3.12^{a}	0.42
Materia orgánica					
Degradabilidad	774.48^{a}	548.67^{b}	722.93^{a}	753.40^{a}	27.81
Fracción *a* (soluble)	498.26^{a}	211.99^{c}	410.27^{b}	525.57^{a}	11.86
Fracción *b* (potencialmente degradable)	276.22^{a}	336.69^{a}	312.66^{a}	227.83^{a}	26.99
Fracción *c* (indigestible)	225.52^{b}	451.33^{a}	277.07^{b}	246.60^{b}	27.81
Tasa de degradabilidad fraccional, %/h	4.06^{a}	4.95^{a}	4.59^{a}	3.35^{a}	0.39

CAL, pulpa de calabaza; MEL, melaza de caña; PO, pollinaza deshidratada; UR, urea agrícola. EEM, error estándar de la media.

Conclusiones

El ensilado a base de pulpa de calabaza con urea tuvo un deficiente proceso de ensilaje, que repercutió negativamente en sus características fermentativas y su calificación, en comparación con los ensilados a base de pollinaza deshidratada. La degradabilidad *in sacco* de la MS y MO fueron menores en el ensilado a base de pulpa de calabaza y urea agrícola, por efecto de menor fracción potencialmente fermentable y mayor fracción indigestible.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores de la presente investigación agradecen al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero y al Centro Universitario Temascaltepec de la UAEMex por las facilidades otorgadas para la realización de la tesis de licenciatura de Celfo Albino Abarca.

Referencias bibliográficas

1. Juárez-Valladares, J. 2022. Evaluación *in vitro* de micro ensilados a base de pollinaza, codornaza y cerdaza, mezclados con fuentes de carbohidratos fermentables. Tesis de licenciatura. CSAEGRO. 78 p.
2. Orskov, E.R. and McDonald, J. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen for incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agri. Sci. Cambridge 92, 499 -503.
3. Trujillo, G.D., Bórquez, G.J.L., Pinos-Rodríguez, J.M., Domínguez-Vara, I.A., Rojo, R.R. 2014. Nutritive value of ensiled pig excreta, poultry litter or urea with molasses or bakery by-products in diets for lambs. SAJAS, 44, 114–122.
4. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC. USA: SAS Institute Inc. pp. 5136.
5. Van Soest, P. J. Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74. 3583-3597

CONTENIDO Y APORTE ÓPTIMO DE NUTRIENTES DE ENSILADOS CON DISTINTOS NIVELES DE POLLINAZA Y PULPA DE CALABAZA.

Daniel Trujillo-Gutiérrez[1]*, José Uribe-Palacios[2], Mayra Isela Merlos-Brito[2], José Daniel Rodríguez Cuenca[2], Ignacio Arturo Domínguez-Vara[3], Sirley Carrillo-Hernández[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – CENID-FyMA.
[2]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales.
[3]Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
[4]Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.

* Autor para correspondencia: trujillo.daniel@inifap.gob.mx

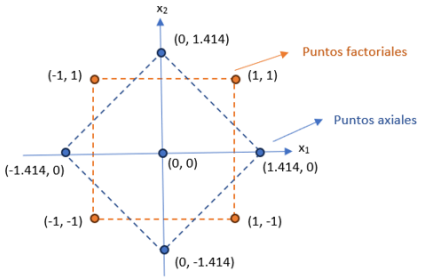
Palabras clave: pollinaza deshidratada, pulpa de calabaza, micro ensilados.

Introducción

La pulpa de calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma*) (CAL) contiene (%): MS (6.45), cenizas (13.69), PC (8.63), FDN (49.39), FDA (40.45) y 3.29 Mcal/kg de EM (Dorantes-Jiménez *et al*., 2016); útil en la alimentación de rumiantes. Al contener carbohidratos hidrosolubles, rápidamente fermenta y su uso se ve limitado. Pero, el ensilaje conserva los nutrientes bajo condiciones anaeróbicas; además, si se adiciona pollinaza (PO) puede conformarse un alimento nutritivo. No obstante, la combinación PO×CAL afecta la composición química de los ensilados. Por lo que, encontrar los niveles óptimos de inclusión de estos ingredientes puede ser útil con el propósito de obtener ensilados con mayor cantidad de nutrientes. Por lo tanto, el objetivo fue determinar la composición química y los niveles de inclusión de PO y CAL en ensilados.

Materiales y métodos

Se formularon 4 tratamientos de la combinación de PO y CAL con melaza de caña, rastrojo de maíz y agua. El tiempo de ensilaje fue de 30 d, y al término de ese periodo se determinó composición química (MS, MO y PC) [AOAC, 1997]; y fibra detergente neutro (FDN) y ácida (FDA) con método ANKOM®.



Pollinaza deshidratada = x_1	Pulpa de calabaza = x_2
-1 = 195.00	-1 = 115.00
1 = 215.00	1 = 135.00
0 = 205.00	0 = 125.00
-1.41 = 190.86	-1.41 = 110.86
1.41 = 219.14	1.41 = 139.14

Figura 1. Diseño central compuesto de ensilados a base de PO y CAL.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño central compuesto de 2 niveles de PO (215 y 195 g/kg BH) y dos niveles de CAL (135 y 115 g/kg BH) con cuatro repeticiones más un punto central y 4 puntos axiales con 8 repeticiones (Figura 1). El análisis estadístico se realizó con PROC GLM y PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2004) y se estimaron los efectos de polinomio. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($P<0.05$).

Resultados y discusión

La MS y hemicelulosa fueron afectadas por CAL×PO ($P<0.05$), pero para el resto de las variables no hubo diferencia entre tratamientos (Cuadro 1). Además, se observó efecto Q de polinomio ($P<0.05$) para MS; el resto de los tratamientos no presentaron ($P>0.05$) efecto de polinomio.

Cuadro 1. Efecto de la combinación de CAL y PO sobre la composición química de los ensilados.

	PO+		PO-			*P*<					
Variable, g/kg MS	CAL+	CAL-	CAL+	CAL-	EEM	PO	CAL	PO×CAL	L	Q	C
MS	480.69	456.43	407.6	478.58	19.67	0.21	0.25	0.03	0.50	0.03	0.11
PC	117.63	121.63	113.83	129.59	6.21	0.76	0.15	0.39	0.24	0.26	0.25
MO	895.00	894.09	891.25	882.08	7.39	0.29	0.50	0.58	0.16	0.52	0.92
FDN	386.67	437.5	413.33	405.00	26.04	0.91	0.41	0.26	0.78	0.25	0.43
FDA	230.00	215.56	222.50	235.00	15.22	0.72	0.95	0.42	0.90	0.27	0.64
Hemicelulosa	165.45	232.22	190.83	195.00	17.45	0.11	0.06	0.05	0.14	0.19	0.10
pH	4.40	4.37	4.30	4.32	0.06	0.23	1.00	0.68	0.31	0.70	0.60

PO+, nivel alto de PO; PO-, nivel bajo de PO; CAL+, nivel alto de CAL; CAL-, nivel bajo de CAL. PO, efecto del nivel de PO; CAL, efecto del nivel de CAL; CAL×PO, interacción de factores. EEM, error estándar de la media. *P*< 0.05 de los factores principales y de polinomio (L, lineal, Q, cuadrático, C, cúbico). MS, materia seca; PC, proteína cruda; MO, materia orgánica; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido. Las ecuaciones de predicción (Cuadro 2) para MS, FDN y hemicelulosa tienen las mayores magnitudes de *β* para PO, CAL, término cuadrático e interacción, esto afecta significativamente el contenido de nutrientes.

Cuadro 2. Modelos de predicción para estimar los óptimos de inclusión de PO y CAL para composición química.

	Estimadores						PE-UO (g/kg BH)	
Variable	Intercepto	x1	x2	x1:x2	x1^2	x2^2	x1	x2
MS	437.379	16.37	197.059	23.811	-90.883	250.971	205.384	121.055
PC	123.651	0.609	-3.869	1.049	3.615	1.031	201.152	145.707
MO	889.999	2.091	2.816	-1.851	0.825	-1.759	202.682	134.226
FDN	367.494	-4.065	-12.900	-14.791	24.804	20.053	206.998	128.955
FDA	188.651	-6.517	-0.255	6.061	9.356	16.877	208.672	124.416
Hemicelulosa	193.014	-3.357	-19.266	-9.998	13.107	0.835	169.719	29.141

x1, pollinaza, x2, pulpa de calabaza. PE-UO, punto estacionario en unidades originales.

La estimación del contenido químico a través de las ecuaciones de predicción (Cuadro 3) con diferentes distancias de acenso mas pronunciado obtiene valores distintos a la media del punto central. Además, muestra que el aumento o disminución de los niveles de PO y CAL en la mezcla, propicia cambios en la composición química de los ensilados. De manera interesante la PC aumentó (>4%) con la disminución de PO y CAL en la mezcla. Al respecto, la adición de PO mejoró la estabilidad anaerobia de los ensilados, debido al efecto buffer de las enterobacterias en las fase iníciales del ensilaje a través de: a) reducción de la fuentes de nitrógeno a amoníaco (efecto temporal benéfico para bacterias ácido lácticas) y b) inhibición de concentración de clostridios, debido a la reducción del amoniaco (NH_3) a NO y NO_2 en cantidades no tóxicas (Pahlow *et al*., 2003); este efecto se pudo haber extendido hasta su inhibición con pH<4.

Cuadro 3. Combinación de niveles de PO y CAL para estimar las mezclas óptimas a ensilar.

No. Estimacion	Distancia	x1	x2	PO	CAL	Promedio Punto central
Materia seca						
1	1	0.046	0.999	205.460	134.990	886.360
2	0.5	0.026	0.499	205.260	129.990	598.870
3	0	0.000	0.000	205.000	125.000	437.370
Materia orgánica						
1	1	0.990	0.140	214.900	126.400	892.980
2	0.5	0.448	0.223	209.480	127.230	891.450

3	0	0.000	0.000	205.000	125.000	889.990
Proteína cruda						
1	1	-0.592	-0.806	199.080	116.940	128.840
2	0.5	0.034	-0.499	205.340	120.010	125.840
3	0	0.000	0.000	205.000	125.000	123.650
Fibra detergente neutro						
1	1	0.542	-0.840	210.420	116.600	404.300
2	0.5	0.140	-0.480	206.400	120.200	379.220
3	0	0.000	0.000	205.000	125.000	367.490
Fibra detergente ácido						
1	1	-0.581	-0.814	199.190	116.860	209.850
2	0.5	-0.375	-0.330	201.250	121.700	195.080
3	0	0.000	0.000	205.000	125.000	188.650
Hemicelulosa						
1	1	0.610	-0.792	211.100	117.080	216.458
2	0.5	0.094	-0.491	205.940	120.090	202.938
3	0	0.000	0.000	205.000	125.000	193.014

x1, pollinaza deshidratada, x2, pulpa de calabaza. PO, pollinaza; CAL, pulpa de calabaza.

La estimación del contenido de FDN aumenta con una mayor inclusión de PO y disminución de CAL en los ensilados. Lo que afectaría eventualmente la degradabilidad ruminal de la FDN y su tasa de digestión (González-Muñoz *et al*., 2022). Por lo que, se debe evitar en la práctica el aumento del nivel de PO por encima de 15 g kg MS del punto central en la mezcla, no obstante, esto aumenta el %PC de los ensilados.

Conclusiones

La composición química de los ensilados fue similar entre los tratamientos, excepto para MS y hemicelulosa por efecto de la interacción PO×CAL. La estimación del contenido de MS, FDN y hemicelulosa a través de ecuaciones de predicción muestra que su comportamiento es producto del efecto de PO y CAL en la mezcla a ensilar. La estimación de distintos escenarios con valores de ascenso más pronunciado muestra que la combinación de PO y CAL puede aumentar o disminuir el contenido químico de los ensilados, lo que resulta útil para obtener la mezcla óptima a ensilar.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores de la presente investigación agradecen al CSAEGRO por las facilidades otorgadas para la realización de la tesis de licenciatura de David Uribe Palacios.

Referencias bibliográficas

1. AOAC. 1997. Official methods of analysis (16th ed). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia, USA. Vol. 1. 771 p.
2. Dorantes-Jiménez, J., Flota-Bañuelos, C., Candelaria-Martínez, B., Ramírez-Mella, M. y Crosby-Galván, M.M. 2016. Calabaza chihua (*Curcubita argyrosperma* Huber), alternativa para alimentación animal en el trópico. Agroproductividad 9 (9), 33-37.
3. Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Elferink, S. J.O., Spoelstra, S.F. 2003. Microbiology of ensiling. Silage Science and Technology, 42, 31-93.
4. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC. USA: SAS Institute Inc. pp. 5136.
5. González-Muñoz, S.S., Domínguez-Vara, I.A., Bórquez-Gastelum, J.L., Pinos-Rodríguez, J.M., Ramírez-Bribiesca, J.E., Trujillo-Gutiérrez, D. 2022. Efecto aditivo de ensilados de pollinaza, cerdaza y urea mezclados con melaza de caña y subproducto de panadería en dietas para corderos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(100), 1870-0462.

DEGRADABILIDAD *in sacco* DE NIVELES CRECIENTES DE GUAMÚCHIL (*Pithecellobium dulce*) EN LA DIETA DE CRECIMIENTO PARA OVINOS.

Daniel Trujillo-Gutiérrez[1], Jhonatan Kevin Juárez-Ortíz[2], Mayra Isela Merlos-Brito[2], José Daniel Rodríguez Cuenca[2], Ignacio Arturo Domínguez-Vara[3], Sirley Carrillo-Hernández[4]*

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – CENID-FyMA.
[2]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales.
[3]Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
[4]Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.

*Autor para correspondencia: scarrilloh@uaemex.mx

Palabras clave: dietas para ovinos, recursos forrajeros, valor nutricional.

Introducción

La alimentación de rumiantes aprovecha forrajes nativos o introducidos como fuente de nutrientes. En regiones tropicales y subtropicales, su disponibilidad y calidad depende en gran medida de la precipitación pluvial; lo que genera un comportamiento estacional. Durante la época seca, la disponibilidad de forraje es limitada con bajo contenido de proteína, alto contenido de fibra detergente neutro, así como baja digestibilidad aparente y energía metabolizable; lo que genera cambios en el consumo y deficit nutricional en los animales (Ku-Vera, 2013). Lo anterior, impacta negativamente en el rendimiento animal y la rentabilidad de las unidades de producción. Ante esto, los árboles y arbustos han mostrado potencial forrajero, pero su utilización depende del contenido de factores anti nutricionales (lignina y taninos condensados), y de su efecto sobre la degradación y absorción de nutrientes en el tubo digestivo. No obstante, el guamúchil (*Pithecellobium dulce)*, leguminosa que crece en el tropico mexicano, puede ser paliativo en épocas de estiaje ante la escacez forrajera debido a su alto contenido de proteina cruda (240 g/kg MS) en hojas y a su potencial de producir gran cantidad de biomasa; sin embargo, los borregos por sus habitos de consumo dificilmente tienen acceso a su follaje. Pero, la utilización del follaje de guamuchil en dietas para ovinos en corral es una opción util para aumentar la productividad. Sin embargo, es necesario identificar el nivel óptimo de inclusión y su efecto sobre la degradabilidad de los nutrientes; lo que mejoraría la respuesta productiva de los borregos. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la degradabilidad *in sacco* de la materia seca y materia orgánica de dietas para ovinos en crecimiento con la inclusión de niveles crecientes de hoja de guamúchil.

Materiales y métodos

Localización: Esta investigación se realizó en la posta zootécnica del Centro Universitario UAEMex Temascaltepec y en el Laboratorio de Zootecnia el Colegió Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.
Tratamientos: Se elaboraron seis dietas para corderos en crecimiento (T0, dieta base (DB) con 0% de inclusión de forraje de hoja de guamúchil (testigo); T1, DB + 2% de hoja de guamúchil; T2, DB + 4% de hoja de guamúchil; T3, DB + 6% de hoja de guamúchil; T4, DB + 8% de hoja de guamúchil; T3, DB + 10% de hoja de guamúchil). Previo al balanceo de las dietas, a los ingredientes se les determinó composición química (MS, MO y PC) [AOAC, 1997]; y fibra detergente neutro y ácida con método ANKOM®. La DB fue formulada isonitrogenada (200 g PC/kg MS) e isoenergética (2.40 Mcal EM/kg MS) (Cuadro 1).
Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con los seis tratamientos y tres repeticiones por cada uno. El análisis de varianza se realizó con PROC GLM y PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2004) y la comparación de medias con la prueba de Tukey con $P<0.05$. Se utilizó el modelo estadístico $Y_{ij}= \mu+T_i+ \epsilon_{ij}$, donde, Y_{ij} = Variable de respuesta (i = 6 tratamientos, y j = 3 repeticiones); μ = Media general; T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento. ϵ_{ij} = Error experimental de la j – ésima unidad experimental del i – ésimo tratamiento.
Variables evaluadas. Después de formuladas cada una de las dietas, se realizó 1 kg de la mezcla por tratamiento para determinar su degradabilidad *in sacco*. La incubación se realizó en una vaca canulada de rumen en dos corridas. Las muestras de los tratamientos fueron pesadas en bolsas de dacrón de 10.0×7.0 cm, por triplicado para cada hora de incubación (0, 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h). Los valores de degradabilidad *in sacco* de la materia seca (DISMS) fueron determinados por diferencia de peso post incubación. De los

residuos de la muestra post incubación (72 h) se determinó cenizas y se calculó la degradabilidad *in sacco* de la materia orgánica (Orskov y McDonald, 1979).

Cuadro 1. Composición en base seca de dietas (tratamientos) con la inclusión de niveles crecientes de hoja de guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Ingrediente, g/kg MS	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Rastrojo de maíz	469.71	447.91	426.09	404.27	382.45	360.64
Subproducto de panadería	202.02	203.64	205.27	206.89	208.51	210.13
Pasta de soya	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
Maíz molido (grano)	99.24	99.41	99.57	99.74	99.91	100.07
Salvado de trigo	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Premezcla de vitaminas y minerales	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Urea agrícola	9.01	9.04	9.07	9.10	9.13	9.16
Hoja de guamúchil	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00
Composición química, g/kg MS						
Proteína cruda	200.90	200.86	200.81	200.78	200.75	200.71
EM, Mcal/kg MS	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Calcio, %	0.673	0.673	0.673	0.673	0.673	0.673
Fósforo, %	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441	0.441
Fibra detergente neutro	339.71	336.23	333.25	329.34	325.93	322.54
Fibra detergente ácido	206.58	205.89	204.58	204.52	203.85	203.18

T0, dieta base (DB) con 0% de inclusión de hoja de guamúchil (testigo); T1, DB + 2% de forraje de hoja de guamúchil; T2, DB + 4% de hoja de guamúchil; T3, DB + 6% de hoja de guamúchil; T4, DB + 8% de hoja de guamúchil; T5 DB + 10% de hoja de guamúchil. EM, energía metabolizable.

Resultados y discusión

La inclusión de niveles crecientes de hoja de guamúchil no afectó la DISMS ni el contenido de la Fracción c de las dietas (P>0.05) (Cuadro 2). La Fracción rápidamente disponible (*a*) fue mayor (P<0.05) para T1, T3 y T5 que para el resto de los tratamientos. Mientras que, la Fracción potencialmente digestible (*b*) fue mayor para T0 comparado con T1, T3 y T5. Lo anterior, es resultado del mayor contenido de los componentes de la pared celular del rastrojo en la dieta testigo. Además, se observó que, el tratamiento testigo tuvo una mayor (P<0.05) tasa de degradación (8.1 %/h) que T3, T4 y T5. No obstante, a pesar de estas diferencias, la DISMS resultó similar entre tratamientos.

Cuadro 2. Degradabilidad *in sacco* de la materia seca (DISMS) a 72 h de incubación.

Variables, g/kg MS	T0	T1	T2	T3	T4	T5	EEM
DISMS	672.2	683.8	726.5	676.0	611.7	671.2	30.43
Fracción *a*	123.5^{d}	370.7^{a}	300.5^{b}	390.5^{a}	188.1^{c}	371.0^{a}	8.31
Fracción *b*	548.7^{a}	313.2^{b}	246.0^{ab}	285.5^{b}	423.5^{ab}	300.2^{b}	27.26
Fracción *c*	327.8	316.1	273.5	323.9	388.3	328.8	30.43
Tasa de degradabilidad fraccional, %/h	8.1^{a}	4.0^{b}	6.3^{ab}	4.2^{b}	6.2^{ab}	4.4^{b}	0.40

T0, dieta base (DB) con 0% de hoja de guamúchil (testigo); T1, DB + 2% de hoja de guamúchil; T2, DB + 4% de hoja de guamúchil; T3, DB + 6% de hoja de guamúchil; T4, DB + 8% de hoja de guamúchil; T5, DB + 10% de hoja de guamúchil. EEM, error estándar de la media.Columnas con diferente literal p<0.05. Medias con diferente literal entre columnas son distintas con p<0.05.

Para DISMO al igual que con DISMS, no se observaron diferencias (P>0.05) entre tratamientos (Cuadro 3). Respecto a sus parámetros, el tratamiento testigo (T0) tuvo menor contenido de Fracción soluble (*a*) (P<0.05). Para la fracción potencialmente digestible (*b*) T0 tuvo mayor contenido que T3 (P<0.05). Se observó que, para la Fracción indigestible (*c*) fue similar (P>0.05) entre tratamientos. Además, la tasa de degradabilidad fraccional fue mayor en T0 *vs* T3.

En general las dietas tuvieron alta degradabilidad puesto que obtuvieron valores mayores que 672.23 g/kg MS a las 72 h post incubación, lo cual las clasifica como de alta calidad, ya que las de baja calidad son aquellas que presentan una digestibilidad menor al 55% (Leng, 1990). Pese a la ausencia de cambios en la degradabilidad con la inclusión de guamúchil, la Fracción *a* si se vio favorecida, lo que indica un aporte de compuestos rápidamente fermentables a las dietas con la inclusión de esta especie y se puede relacionar con los menores contenidos de fibra al aumentar los niveles de guamúchil en la dieta (Cuadro 1). Lo cual es similar a lo reportado por Del sol *et al*. (2016), quienes evaluaron niveles crecientes (20 a 50 % MS) de la leguminosa *Tithonia diversifolia* en la fuente de forraje (60%) en dietas para borregos.

Cuadro 3. Degradabilidad *in sacco* de la materia orgánica (DISMO) a las 72 h de incubación.

Variables, g/kg MS	T0	T1	T2	T3	T4	T5	EEM
Degradabilidad de la materia orgánica	651.5	738.2	758.5	706.3	690.4	726.9	25.76
Fracción *a*	112.5^{d}	352.9^{a}	292.7^{b}	377.3^{a}	205.0^{c}	350.7^{a}	8.37
Fracción *b*	539.1^{a}	385.2^{bc}	465.8^{ab}	329.0^{c}	485.5^{ab}	376.3^{bc}	22.34
Fracción *c*	384.5	261.8	241.5	293.7	309.6	273.1	25.76
Tasa de degradabilidad fraccional, %/h	7.9^{a}	5.7^{bc}	6.8^{ab}	4.8^{c}	7.1^{ab}	5.5^{bc}	0.32

T0, dieta base (DB) con 0% de hoja de guamúchil (testigo); T1, DB + 2% de hoja de guamúchil; T2, DB + 4% de hoja de guamúchil; T3, DB + 6% de hoja de guamúchil; T4, DB + 8% de hoja de guamúchil; T5, DB + 10% de hoja de guamúchil. EEM, error estándar de la media. Medias con diferente literal entre columnas son distintas con p<0.05.

Conclusiones

Se concluye que, a) la inclusión de hoja de guamúchil en dietas para corderos en las proporciones evaluadas en esta investigación no afectó el potencial de degradabilidad *in sacco* de la materia seca y materia orgánica a las 72 h post incubación; b) la inclusión del forraje de la hoja de guamúchil cambio las proporciones de la fracción soluble y potencialmente digestible de las dietas sin afectar la digestibilidad total de la materia seca y materia orgánica.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores de la presente investigación agradecen al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero y al Centro Universitario Temascaltepec de la UAEMex por las facilidades otorgadas para la realización de la tesis de licenciatura de Jhonatan Kevin Juárez Ortíz.

Referencias bibliográficas

1. Del Sol, G.G, Gómez, G.A., Loya, O.J.L. y Sanginés, G.L. 2016. Digestibilidad y degradabilidad ruminal de dietas con fruto de Guásima y diferentes proporciones de *Tithonia diversifolia* en borregos. Revista EDUCATECONCIENCIA, 9:10. 94-105
2. Ku-Vera J.C., Ayala-Burgos A.J., Solorio-Sánchez F.J., Briceño-Poot E.G., Ruiz-González A., Piñeiro-Vázquez A.T., Barros-Rodríguez M., Soto-Aguilar A., Espinoza-Hernández J.C., Albores-Moreno S., Chay-Canul A.J., Aguilar-Pérez C.F. y RamírezAvilés L. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. In: Nutritional Strategies of Animal Feed Additives. Nova Sci. Publishers. New York. USA. Pp. 59-76
3. Leng R.A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition Research Reviews. 3(01), 277-303.
4. Orskov, E.R. y McDonald, I.1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric Sci. 92: 4099-503.
5. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC. USA: SAS Institute Inc. pp. 5136

EFECTO DEL BUTIRATO DE CALCIO Y *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* SOBRE EL DESARROLLO RUMINAL DE CABRITOS LACTANTES.

Alejandro García-Salas[1*], Perpetuo Álvarez-Vázquez[1], Pedro Carrillo-López[1], Joel Ventura-Ríos[1], Laura Haydée Vallejo-Hernández[2] y Canuto Muñoz-García[3].

[1] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.
[2] Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, Texcoco de Mora. Estado de México, México. C.P. 56230
[3] Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 1, Ciudad Altamirano, Pungarabato, Guerrero, México, C.P. 40610.

*Autor para correspondencia: alejandro.garcias@uaaan.edu.mx

Palabras clave: papilas ruminales, aditivos, lactancia.

Introducción

La industria caprina en México representa un componente relevante de la actividad pecuaria. En México se cuenta con una amplia y diversa extensión territorial, que abarca desde zonas de clima húmedo hasta regiones desérticas, lo cual favorece el desarrollo de la ganadería caprina. Cabe destacar que los caprinos han sido parte fundamental de la economía rural y la cultura mexicana desde su introducción por los españoles, quienes trajeron consigo una gran diversidad de razas (Herrera, 2023). Actualmente, los productos cárnicos y lácteos derivados de los caprinos son comunes en muchas regiones, gracias a los avances en mejoramiento genético que han permitido aumentar tanto la producción como la calidad de los animales. Estos avances han sido clave para el sustento de muchas comunidades, ya que la cría de cabras se realiza principalmente en zonas rurales con amplias extensiones de tierra que no son aptas para otras especies ganaderas ni para cultivos agrícolas. En el caso del cabrito, su comercialización se da en un mercado más rústico e informal. Generalmente, se vende por lotes directamente a los restaurantes, sin un precio fijo establecido, ya que este varía según la oferta y la demanda. Un aspecto importante que influye en el precio de venta es la edad al momento del sacrificio: los cabritos no deben superar los tres meses de edad. La región del semidesierto chihuahuense que incluye a los estados de Nuevo León, Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí, concentra tanto el mayor consumo como la mayor producción de cabrito en el país, con un 86% del total nacional (López, 2016). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de dos aditivos en la lactancia de cabritos para evaluar el efecto que ejercen sobre el desarrollo de las papilas del rumen.

Materiales y métodos

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Caprina en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Saltillo, Coahuila México, la cuidad se encuentra a 1600 msnm y sus coordenadas son: 25º 25’ 17’’ de latitud y 101º 00’ 00’’ de longitud. Para la investigación se utilizaron 16 cabritos, los cuales se dividieron en cuatro tratamientos (T) (n=4). T1: Testigo, sin aditivos. T2: 1.2 g d^{-1} de levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Aleris Animal Nutrition, Sinergis ®), suministrados con leche materna por medio de una sonda gástrica. T3: 1.2 g d^{-1} de butirato de calcio (SAN-BUTICAL 80 ®), ofrecido de igual manera que T2. T4: T2 + T3. Todos los cabritos fueron sometidos a las mismas condiciones ambientales. La aplicación de todos los tratamientos se desarrolló por las mañanas, la leche que se utilizaba para diluir los aditivos provenía de la ordeña diaria de las cabras con la que se preparaban cada uno de los tratamientos, se le tomaba siempre la temperatura a la leche que oscilaba entre 36 a 37 ºC. Este manejo se realizó durante 50 días continuos. Concluida la fase experimental, fueron sacrificados cuatro cabritos, uno por cada tratamiento en una selección aleatoria, de los animales sacrificados se extrajeron el aparato digestivo y conservaron a -20 °C hasta su análisis. Posteriormente, se tomaron cuatro muestras de 1 cm^2 para evaluar el crecimiento de las papilas ventrales y dorsales, donde se realizaron seis mediciones de las papilas por cada muestra. Las muestras fueron analizadas con un microscopio estereoscópico modelo Zeigen y medidas con vernier eléctrico digital (TSWV77336) con precisión de 0.01 mm. El experimento se desarrolló mediante un diseño experimental completamente al

azar. Para el análisis de las variables se realizó mediante el programa Infostat con un análisis de varianza y comparación de medidas con la prueba de Tukey ($p<0.05$).

Resultados y discusión

Cuadro 1.- Largo y ancho de las papilas ruminales de cabrito suplementados con butirato de calcio y levadura durante su lactancia.

Tratamiento	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	EEM	P-valor
Largo de papilas ventrales (mm)	1.16a	2.71c	2.43b	3.15**d**	0.05	0.0001
Largo de papilas dorsales (mm)	0.78a	1.55c	1.26b	1.89**d**	0.05	0.0001
Ancho de papilas ventrales (mm)	0.87a	0.97b	0.90ab	1.13**c**	0.02	0.0001
Ancho de papilas dorsales (mm)	0.59a	0.86**b**	1.00**b**	0.90**b**	0.05	0.0001

T1= Testigo; T2= Levadura; T3= Butirato de calcio; T4= T2+T3. Literales diferentes dentro de la misma fila indican diferencias estadísticas ($P<0.05$).

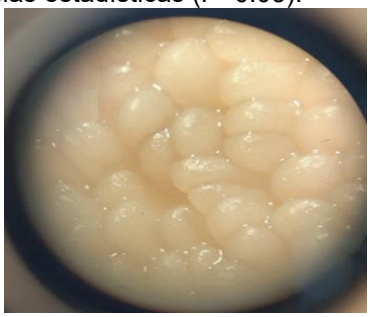


Figura 1.- Papilas ruminales T1



Figura 2.- Papilas ruminalesT2

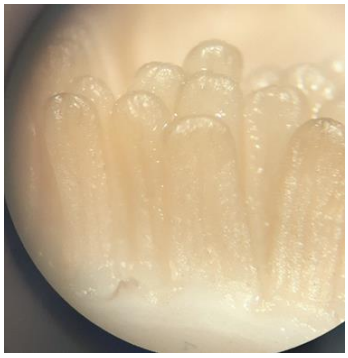


Figura 3.- Papilas ruminales T3

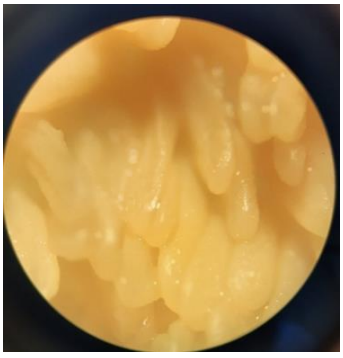


Figura 4.- Papilas ruminales T4

En la presente investigación se logró observar que el desarrollo de las papilas ruminales evaluadas nos indica que suministrar butirato de calcio y *S. cerevisiae* en la lactancia mejora favorablemente el desarrollo ruminal. Por una parte, se ha demostrado que el butirato de calcio es un componente que ayuda a la formación de ácidos grasos volátiles, de igual forma el proceso de fermentación ruminal. La utilización de butirato calcio es ampliamente utilizada para mejorar el desarrollo del rumen, principalmente para estimular el crecimiento de las papilas. La longitud y el tamaño de las papilas del rumen se modifican, estas modificaciones dependen de las concentraciones de AGV's que el mismo rumen produzca, principalmente el ácido butírico. Los animales con una buena alimentación y producción de AGV's presentan papilas largas y robustas para promover la absorción de los nutrientes. Pokhrel y Jiang (2024) concluyen en su investigación que los ácidos grasos volátiles (AGV´s), en especial el ácido butírico, son importantes

estimuladores del desarrollo papilar, ya que aumentan la densidad de las papilas en el rumen. Investigaciones recientes mencionan que el butirato estimula el consumo de alimento solido en animales jóvenes, lo que ayuda a ascender el metabolismo de los ácidos grasos y aminoácidos en el epitelio ruminal para mejorar su desarrollo (Abdelsattar et al., 2022). Estas investigaciones reafirman los resultados obtenidos por nuestra propia investigación, el butirato genera un crecimiento papilar precoz en comparación a los animales que en su dieta no recibieron ningún aditivo suplementario de los utilizados en este estudio. El uso *Saccharomyces cerevisiae* aporta una muy abundante cantidad de proteínas y aminoácidos lo que promueve que los microorganismos del rumen puedan iniciar procesos de fermentación y con eso un desarrollo en gran medida de las papilas ruminales. El efecto que tiene *S. cerevisiae*, en la alimentación de los rumiantes ha sido reportado por Suárez y Machín (2017), donde ellos incluyeron de 5 a 15 gramos de levadura a la alimentación de terneras y llegaron a la conclusión que, se incrementó la producción de AGV's. En consecuencia, de lo anteriormente mencionado se tiene que, al tener una combinación de ambos tratamientos utilizados se presenta un sinergismo con la presencia de proteínas y aminoácidos proporcionados además de agregarle uno de los ácidos grasos más importantes que se forman dentro del rumen esto fue muy beneficioso a los cabritos que consumieron esta preparación y presentando un mejor desarrollo de las papilas ruminales, lo cual se demostró en la presente investigación.

Conclusiones

El uso de aditivos durante el periodo de lactancia como el butirato de calcio y *Saccharomyces cerevisiae* tiene influencia positiva en el desarrollo de las papilas ruminales obteniendo papilas más largas, anchas y en mayor número que en animales que no fueron suplementados.

Agradecimientos

A la Coordinación de la División de Ciencia Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Referencias bibliográficas

1. Abdelsattar, M. M., Vargas-Bello-Pérez, E., Zhuang, Y., Fu, Y., & Zhang, N. (2022). Impact of dietary supplementation of β-hydroxybutyric acid on performance, nutrient digestibility, organ development and serum stress indicators in early-weaned goat kids. Animal Nutrition, 9, 16–22. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.11.003
2. Herrera, M. E. (2023). Cabras, razas sus características, tipos de infraestructura y tipos de crianza en Zacatecas. Repositorio UAAAN, 6-7.
3. López, A. I. (2016). Evaluación de la canal de cabritos raza Alpino Francés alimentados parcialmente con suero de quesería y leche entera de cabra. UNAM-Dirección General de Bibliotecas, 8-9.
4. Pokhrel, B., & Jiang, H. (2024). Postnatal Growth and Development of the Rumen: Integrating Physiological and Molecular Insights. In Biology (Vol. 13, Issue 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/biology13040269
5. Suárez-Machín, C., & Guevara-Rodríguez, C. A. (2017). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(2),21-30.[fecha de Consulta 14 de mayo de 2025]. ISSN: 0138-6204. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251004

EFECTO DE UN SUSTRATO GLUCONEOGÉNICO (LIPOFEED®) SOBRE LOS NIVELES DE GLUCOSA Y CUERPOS CETONICOS EN CABRAS DE PASTOREO EXTENSIVO.

Miguel A. Martínez-Sánchez[1], Guadalupe Calderón-Leyva[3], Julieta Z. Ordoñez- Ramírez[3], Edgar Díaz-Rojas[3], Leticia R. Gaytán-Alemán [4], Francisco G. Veliz- Deras[2], Oscar Ángel-García [2]*

[1] Estudiante de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAAAN UL, [2]Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, UAAAN UL, [3]Departamento de Producción Animal, UAAAN UL, [4]Departamento de Salubridad e Higiene, UAAAN UL.

*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: cetosis, extensivo, glucómetro.

Introducción

La combinación de una nutrición deficiente que incumpla los requerimientos nutricionales, sumado a un bajo estado de salud da como resultado una baja eficiencia reproductiva y baja concentración de hormonas metabólicas resultando un perfil hormonal catabólico de la madre (Caldeira *et al.,* 2007). Existen aditivos que son gluconeogénicos y pueden dar lugar a la formación de glucosa (GLUC). Se ha demostrado que el uso de precursores de GLUC (propilenglicol, propionato de sodio) aumentan las concentraciones de GLUC en bovinos y ovinos (Chiofalo *et al.,* 2005). El propanodiol es precursor de la GLUC que activa y estimula las vías metabólicas que producen energía y otros metabolitos cuya función es optimizar la utilización de los ingredientes de una ración estimulando la gluconeogénesis que se lleva a cabo en el hígado principalmente, de esta vía se genera GLUC fuente de energía para llevar a cabo procesos fisiológicos como: reproducción, desarrollo, ganancia de peso, producción de leche, etc. (García *et al*., 2024). En caprinos, se ha utilizado el análisis de metabolitos sanguíneos y de otros fluidos orgánicos, para evaluar el balance nutricional de la cabra lechera. En esta especie, se han descrito como indicadores del aporte nutricional las determinaciones de las concentraciones sanguíneas de GLUC, cuerpos cetónicos (Echeverría *et al.,* 2024). La patogénesis más aceptada actualmente sobre la cetosis es la presencia de un estado de balance energético negativo (BEN) en el periodo del parto, desencadenando la movilización de ácidos grasos de cadena larga, los cuales se oxidan en el hígado formando los cuerpos cetónicos (CCET), sufren cambios metabólicos y fisiológicos que incrementan de forma significativa el riesgo de sufrir desbalances energéticos que dan origen a procesos metabólicos anormales como la cetosis (Echeverría *et al.,* 2024).

El objetivo de estudio fue el evaluar el efecto de un sustrato gluconeogénico sobre las concentraciones de glucosa y cuerpos cetónicos en cabras anovulatorias bajo condiciones de pastoreo.

Materiales y métodos

General

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002).

Lugar de estudio, condiciones climáticas y manejo de las hembras.

El presente estudio de investigación se realizó en el Ejido San Nicolás, Municipio de San Pedro, Coahuila en el norte de México (25°LN) en los meses enero y febrero de 2025. El clima de la región es semidesértico, una altitud de 1,094 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. Durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. Durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA 2015).

Se utilizaron un total de 40 hembras multirraciales, que fueron divididas en dos grupos homogéneas, en cuanto a peso vivo (PV;49.7 ± 1.7) y condición corporal (CC;2.6 ± 0.09). Las cabras eran pastoreadas y caminaban de 3 a 5 km al día hasta la zona donde encuentran alimento disponible (sistema de pastoreo extensivo), alimentándose de la cobertura natural normal y recursos forrajeros arbustivos, además recibían agua y contaban con corrales provistos de sobradero.

Tratamiento de las hembras

Las hembras fueron seleccionadas al azar y asignadas a uno de dos tratamientos: 1) grupo tratado (GT; n=20) con 50 mL de un sustrato gluconeogenico (1-2 propanadiol 4% y propionato de sodio al 11%) por vía

oral durante 5 días, y 2) grupo control (GC; n=20) recibieron 10 mL de solución salina fisiológica para generar un efecto placebo.

Variables evaluadas

Peso vivo y condición corporal

El PV se determinó al inicio y posteriormente cada 14 días del periodo de estudio, utilizando una báscula de plataforma (Torrey Fs250) con una capacidad de 250 kg. La CC se determinó al inicio y posteriormente cada 14 días mediante el periodo de estudio por medio de la técnica descrita por Walken-Brown, (2003) donde 1; un animal muy flaco y 5; muy gordo, precisando por palpación y observación del área dorsal apreciando el nivel de cobertura de grasa.

Determinación de metabolitos sanguíneos

Glucosa y cuerpos cetónicos

La GLUC fue determinada al inicio y posteriormente cada 14 días mediante venopunción yugular con aguja vacutainer (21 G x 38 mm), que consistió en colocar una gota de sangre (6 µL) en una tira reactiva para GLUC utilizando un glucómetro (Free Staley, Optium Neo®) expresando resultado en mg/dL. Mientras que los cuerpos cetónicos se determinaron a la par con la GLUC, en una tira reactiva desechable para cetonas (β-Ketone) en aparato (Free Staley, Optium Neo®) expresando resultado en mmol/L.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros de peso vivo, condición corporal, glucosa y cuerpos cetónicos fueron comparados usando una prueba *T. Student* . Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de P≤0.05.

Resultados y discusión

Los resultados del presente estudio demuestran que no hubo efecto del tratamiento (P>0.05) sobre el PV (48.8±1.4) y CC (2.5±0.1). Estos datos tienen similitud a lo reportado por Berthelot et al. (2000) quien agregó propionato de sodio en dietas para ovinos y no mejoro las variables productivas como PV. Los niveles de GLUC sanguínea fueron mayores (51.0±1.0; P ≤ 0.05) en el GC en comparación con el GT (47.6), además existió una interacción entre tratamientos. Los resultados para los CCET fueron mayores (P ≤ 0.05) en GC en comparación con el GT (0.24 vs 0.21). Al igual que los niveles de GLUC, también existió una interacción entre tratamiento. Los resultados demuestran que el tratamiento con un sustrato gluconeogénico no incremento los niveles de GLUC en el GT, sin embargo, el GC tuvo mayores niveles de GLUC y CCET es probable, que lo anterior, se deba a que las hembras del GC activaron sus rutas metabólicas debido a que tuvieron un déficit de nutrientes para la producción de energía, contrario a lo que sucedió con las hembras del GT, que al proporcionarle el sustrato gluconeogénico no movilizaron reservas para la respuesta reproductiva. Las altas concentraciones de CCET pueden estar relacionadas con un bajo consumo de carbohidratos y probablemente a un balance energético negativo lo que conlleva a la elevación de los CCET en tejidos y fluidos corporales (Echeverría *et al.,* 2024).

Conclusiones

Los resultados demuestran que la suplementación con un sustrato gluconeogénico a corto plazo, no afecto el PV, la CC, niveles de GLUC y CCET en cabras multirraciales bajo condiciones de pastoreo.

Referencias bibliográficas

1. Berthelot V., Bas P., Schmidely P., Duvaux-Ponter C., y Sauvant D. (2000). Effect of dietary propionate on fatty acid composition of lamb adipose tissues. Cahiers Options Méditerranéennes. 52,133-135.
2. Caldeira, R; Belo, A; Santos, C; Vazques, M; Portugal, A. (2007). The effect of long-term feed restriction and over-nutrition on body condition score, blood metabolites and hormonal profiles in ewes. Small Rumin. Res. 68, 242–255.
3. Chiofalo, V., Todaro, M., Liotta, L., Margiotta, S., Manzo, T., & Leto, G. (2005). Efecto del propilenglicol en el rendimiento pre y postparto de las ovejas lecheras. *Investigación sobre pequeños rumiantes*, *58*(2), 107-114.
4. Echeverría, T., Núñez, M. F., Vásquez, S., & Casierra, Á. (2024). BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO (CETOSIS) EN RUMIANTES CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA. *RECIENA*, *4*(1), 33-44.
5. García, A. M. T., Castañeda, M. H., Watty, A. E. D., Aburto, A. A., & Escalante, B. J. C. C. (2024). Utilización de propanodiol para incrementar la producción de cabras lecheras. *Spei Domus*, *20*(2), 1-8.

EFECTO DE CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES Y ACEITES ESENCIALES EN DIETAS EN CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE PECHUGA DE POLLO EN ESTRÉS CALÓRICO.

Jorge Hiram García-García[1], Jorge Loredo-Osti[1], Flaviano Benavides-González[1], Elvia Margarita Romero-Treviño[2], Enrique Corona-Barrera[1], Fidel Infante-Rodríguez[1], Jaime Salinas-Chavira[1*]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas; [2]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Altamira.

*Autor para correspondencia: jsalinasc@hotmail.com

Palabras clave: dietas, fitomoléculas, músculo.

Introducción

El pollo tiene mayor consumo que otras carnes, por lo que es importante fuente de proteínas y otros nutrientes para la población mexicana. A nivel mundial, México está entre los principales productores y consumidores de pollo de engorda. Cerca del 80% del pollo se produce en el país, y el 20% del consumo de esta carne se importa. La mayor producción de pollos de engorda se realiza en áreas de México con climas cálidos, que incluyen clima tropical y subtropical, así como otras regiones con veranos cálidos.

Los pollos de engorda pueden sufrir estrés por calor más fácilmente que otras especies. En total, el estrés calórico en pollos de engorda altera su fisiología y metabolismo, deprime el sistema inmune, reduce consumo de alimento y ganancia de peso, aumenta la mortalidad, altera la calidad de la carne y causa grandes pérdidas económicas a la avicultura (Emami et al., 2021).

El estrés por calor en pollos de engorda afecta la calidad de carne principalmente por los cambios en la estructura y función de las células musculares, afectando la mitocondria y por tanto el metabolismo de nutrientes. En suma, el estrés por calor reduce la calidad de la carne de pollo; incrementa la deposición de grasa intramuscular y reduce la deposición de proteína, predispone a la condición de pálido suave y exudativo, altera el pH, el cual está vinculado a la ternura, el color, la vida útil y la capacidad de retención de agua de la carne. El estrés por calor aumenta la luminosidad (L*) y reduce la intensidad rojo (a*), aunque la intensidad amarillo (b*) podría no ser alterado; además, el estrés por calor incrementa la perdida por cocción de la carne (Gyawali y Paudel, 2022).

Estrategias nutricionales que pueden contribuir a aliviar el estrés por calor en pollos de engorda incluyen la restricción de alimento y la suplementación con fitoquímicos (fitomoléculas). La restricción de alimento tiene baja practicidad en el manejo, y se requieren más días para lograr el peso al sacrificio. Las fitomoléculas contienen metabolitos secundarios de las plantas como principios activos. Las fitomoléculas incluyen diferentes extractos, aceites esenciales y compuestos puros que fueron aislados de las plantas. Los fitoquímicos mejoran la fisiología y el metabolismo de los pollos de engorda, reducen el estrés oxidativo al reducir los radicales libres del metabolismo, mejoran la digestibilidad de los nutrientes, reducen la temperatura corporal y microorganismos intestinales potencialmente patógenos, mejoran el sistema inmunológico, entre otras variables que en total se ven en mejora del rendimiento productivo de los pollos de engorda. Junto con los fitoquímicos se deben considerar otras prácticas de manejo integradas de manera holística, para disminuir el estrés por calor en pollos de engorda en producción.

No encontramos reportes de investigación en la reducción de nutrientes en la dieta junto con aceites esenciales de orégano y canela en evaluaciones de la carne de pechuga de pollos de engorda en estrés calórico. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto dietas con diferentes niveles de proteína cruda y energía metabolizable y aceites esenciales en características de la carne de pechuga de pollos de engorda criados durante la estación cálida en clima tropical seco.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas, con clima de trópico seco. Durante el estudio (29 junio a 10 agosto de 2023), el promedio general de temperatura fue 32 °C, con mínimas de 26 °C y máximas de 38 °C; en el mismo orden, la humedad relativa (%) fue 56.7, 37.0, y 76.8. Estas condiciones climáticas denotan estrés por calor en los pollos de este estudio. Se utilizaron 200 pollos Ross de 1 d y 44.5 g de peso promedio, los cuales se

distribuyeron aleatoriamente en 20 jaulas en piso. Cada jaula alojó 10 pollos (5 machos y 5 hembras) y se criaron por 42 d (21 d de inicio y 21 d de finalizado). Se consideraron 4 dietas o tratamientos (T). Dos dietas con diferente concentración de nutrientes (dietas estándar, DES; y dietas reducidas, DRE), y 2 niveles de aceites esenciales (AE; 0 ppm y 200 ppm). De esta forma los 4 tratamientos fueron: T1 (DES + 0 ppm AE); T2 (DES + 200 ppm AE); T3 (DRE + 0 ppm AE); y T4 (DRE + 200 ppm AE). Los AE consistieron en una mezcla microencapsulada de cinamaldehído con carvacrol obtenidos de orégano y canela, respectivamente. Las DRE se formularon con 10% menos proteína cruda y 10% menos energía metabolizable, tanto en inicio como en finalizado. Las dietas se muestran en el Cuadro 1.

Al final del experimento, dos pollos machos de peso similar por jaula se sacrificaron. Las pechugas del lado izquierdo se usaron para las mediciones fisicoquímicas de la carne. La composición proximal (humedad, ceniza, proteína cruda y extracto etéreo) se determinó con 50% de muestra de cada uno de los dos pollos por jaula. Las características de pH y color se determinaron en cada muestra de carne de la pechuda de los pollos, y se reporta el promedio los valores de los dos pollos por jaula. El pH se determinó en un equipo Hanna® meat pH tester, y las características de color, se realizaron en espectro colorímetro a 24 horas *post mortem*. Los componentes del análisis proximal fueron materia seca, ceniza, proteína cruda y extracto etéreo.

Los datos se analizaron en un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2 × 2. Los efectos principales fueron las dietas (STD y RED) y los AE (0 ppm y 200 ppm), así como la interacción entre ellos. La unidad experimental fue el valor promedio de dos aves por jaula. La significancia fue declarada en P≤0.05. Para los análisis estadísticos se utilizó el procedimiento GLM de SAS.

Cuadro 1. Dietas experimentales para las fases de inicio (INI, 1-21 d) y finalizado (FIN, 22-42 d)

	DIETAS STD[1]				DIETAS RED[1]			
	0 ppm AE		200 ppm AE		0 ppm AE		200 ppm AE	
Ingredientes (% base seca)	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN	INI	FIN
Grano de sorgo	54.1	61.4	54.08	61.38	65.20	71.0	65.18	70.98
Harina de soya	37.4	30.1	37.4	30.10	30.50	24.0	30.50	24.0
Aceite vegetal	4.5	4.5	4.5	4.5	0.30	1.0	0.30	1.0
Aceites esenciales (AE)	0.0	0.0	0.02	0.02	0.00	0.0	0.02	0.02
Premix[2]	4.0	4.0	4.0	4.0	4.00	4.0	4.00	4.0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Nutrientes								
Proteína cruda, %	21.4	18.7	21.4	18.7	19.20	16.8	19.20	16.8
EM, kcal/kg	3040	3120	3040	3120	2730	2890	2730	2890

[1]STD= estándar, RED= Reducidas (10% menos proteína y 10% menos energía que dietas STD)
[2]Premezcla de vitaminas minerales y aminoácidos

Resultados y discusión

Los efectos de los tratamientos sobre las características fisicoquímicas en la carne de pechuga de pollos de engorda se muestran en el Cuadro 2. La carne de pollos que recibieron las dietas reducidas en nutrientes presentó menor contenido de agua (efecto principal; P=0.05) y mayor contenido de PC (efecto principal; P=0.03). Este resultado no se esperaba, ya que la adecuada deposición de proteína en el músculo de los pollos requiere tanto de niveles altos de energía, así como de adecuado nivel proteico dietético (Nagata et al., 2011). La carne de la pechuga de los pollos en este estudio en promedio (en porcentaje) de todos los tratamientos exhibió humedad 74.53±0.62, ceniza de 0.91±0.08, y PC de 24.97±1.43. Estos valores están de acuerdo con otras investigaciones (Abdulla et al., 2017). La carne de pechuga de pollos que recibieron las dietas con 200 ppm de AE presentaron mayor contenido de grasa cruda (efecto principal; P<0.01). En forma diferente, (Bosetti et al., 2020) no reportan incremento en la grasa en carne de la pechuga de pollos que fueron alimentados en dietas con AE. No se observaron efectos de tratamientos (P>0.05) en pH, color rojo (a*), amarillo (b*), luminosidad (L*), o en la pérdida por cocción. Los valores de pH y color amarillo (b*) son normales; sin embargo, el color rojo (a*) y la luminosidad (L*) son superiores a lo estándar.

Cuadro 2. Características fisicoquímicas en la carne de pechuga de pollos de engorda en el estudio

	Dietas estándar		Dietas reducidas			Probabilidad		
	0 ppm AE[1]	200 ppm AE	0 ppm AE	200 ppm AE	EEM	Dieta	AE	Dieta × AE
Composición								
Agua, %	75.14	74.96	73.82	74.20	0.34	0.05	0.84	0.57
Ceniza, %	0.80	0.90	0.96	0.96	0.06	0.21	0.56	0.56
Grasa cruda, %	0.88	2.02	1.30	1.92	0.16	0.49	<0.01	0.27
Proteína cruda, %	23.26	24.34	26.40	25.86	0.69	0.03	0.79	0.42
Características								
pH	5.89	5.86	5.90	5.83	0.02	0.73	0.15	0.55
Rojo (a*)	10.23	10.45	10.39	10.62	0.28	0.68	0.57	0.99
Amarillo (b*)	5.46	4.59	4.92	5.28	0.48	0.91	0.71	0.38
Luminosidad (L*)	66.94	64.63	65.14	66.20	0.70	0.91	0.53	0.11
Pérdida por cocción, %	32.32	29.09	29.10	31.32	1.00	0.73	0.72	0.07

[1]AE= aceites esenciales

Conclusiones

En las condiciones climáticas de este estudio, se observó que la reducción en la concentración de nutrientes en las dietas ocasionó una reducción en el contenido de agua y un aumento en el contenido de proteína en la carne de la pechuga de los pollos. La inclusión de AE ocasionó un incremento en el contenido de extracto etéreo en la carne de los pollos. En todos los tratamientos, la carne de pechuga de los pollos exhibió valores más altos al considerado normal para color rojo (a*) y luminosidad (L*); dichos valores no se modificaron ya sea por la concentración de nutrientes en las dietas, o por los AE.

Referencias bibliográficas

1. Abdulla NR, Loh TC, Akit H, Sazili AQ, Foo HL, Kareem KY, Mohamad R and Abdul Rahim R. 2017. Effects of dietary oil sources, calcium and phosphorus levels on growth performance, carcass characteristics and bone quality of broiler chickens. J Appl Animal Res 45: 423-429.
2. Bosetti, GE, Griebler L, Aniecevski E; Facchi CS, Baggio C, Rossatto G, Leite F, Valentini FDA, Santo AD, Pagnussatt H, Boiago MM and Petrolli TG. 2020. Microencapsulated carvacrol and cinnamaldehyde replace growth-promoting antibiotics: Effect on performance and meat quality in broiler chickens. An Acad Bras Cienc 92(3): e20200343. https://doi.org/10.1590/0001-3765202020200343
3. Emami, NK, Greene ES, Kogut MH and Dridi S. 2021. Heat stress and feed restriction distinctly affect performance, carcass and meat yield, intestinal integrity, and inflammatory (chemo) cytokines in broiler chickens. Frontiers in Physiology, 12, 707757. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.707757
4. Gyawali I and Paudel R. 2022. The effect of heat stress on meat quality, growth performance and antioxidant capacity of broiler chickens: a review. Poult. Sci. J. 10(1): 1-12. DOI: 10.22069/psj.2022.19766.1757
5. Nagata AK, Rodrigues PB, Alvarenga RR, Zangeronimo MG, Donato DCZ and Silva JHVD. 2011. Carcass characteristics of broilers at 42 days receiving diets with phytase in different energy and crude protein levels. Ciência e Agrotecnologia 35(3): 575-581. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300020.

EFECTO DEL PROPILENGLICOL SOBRE LOS NIVELES DE GLUCOSA, OVULACIÓN Y TASA OVULATORIA DE CABRAS ALPINAS SINCRONIZADAS AL ESTRO.

Oscar Ángel-García[1]*, Fernando Arellano-Rodríguez[2], Guadalupe Calderón-Leyva[2], Alan S. Alvarado-Espino[2], Leticia R. Gaytan-Alemán[3], Francisco G. Veliz-Deras[1], Julieta Z. Ordoñez-Morales[2].

[1]Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, UAAAN UL, [2]Departamento de Producción Animal, UAAAN UL, [3]Departamento de Salubridad e Higiene, UAAAN UL.

*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: gluconeogénico, cuerpo lúteo, preñez.

Introducción

El uso de precursores glucogénicos como glicerol y propilenclicol (PG) se han utilizado con éxito durante mucho tiempo en ganado lechero para prevenir el balance energético negativo (BEN) y reducir perdidas económicas. Varios estudios han demostrado, que el PG es eficaz para aumentar la producción de glucosa (GLUC) sanguínea e insulina en vacas lecheras (Chiofalo *et al*., 2005). En efecto, en rumiantes la insulina es un importante mediador de a nivel ovárico, aumentando la respuesta superovulatroria mediante la manipulación de la insulinemia antes del apareamiento al modificar significativamente el número y calidad del embrión (Wukadinovich y Rossow, 2023). La suplementación dietética tiene un efecto significativo en la reproducción de los rumiantes, al aportar los nutrientes que constituyen el líquido folicular (LF) compuesto por aminoácidos y proteínas, lípidos, factores de crecimiento, hormonas esteroides, electrolitos y metabolitos (Alves *et al*., 2021). Con el fin de maximizar el rendimiento reproductivo, se suelen adoptar un plan nutricional convencional de los animales, el cual, puede aplicarse al menos dos semanas antes del apareamiento, dependiendo del estado nutricional inicial (Wukadinovich y Rossow, 2023). Nosotros hipotetizamos que la administración de propilenglicol durante el periodo de empadre aumentaría las concentraciones sanguíneas de glucosa, y mejoraría la ovulación, tasa ovulatoria y embrioanaria de las cabras Alpinas francesa.

Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el efecto del propilenglicol sobre los niveles de glucosa, ovulación y tasa ovulatoria de cabras Alpinas francesa sincronizadas al estro.

Materiales y métodos

Lugar de estudio, condiciones climáticas y manejo de las hembras.

El experimento se realizó en la unidad caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN UL), durante los meses de febrero y marzo de 2020. El área de estudio se encuentra a una altitud 1120 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015). El estudio se realizó al final de la época reproductiva. Durante el periodo experimental, las cabras fueron alimentadas dos veces al día (800 y 1800 h) con heno de alfalfa (22% PC y 1.5% E M), en base a sus requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Las hembras tuvieron agua limpia y sales minerales a libre acceso y un periodo de adaptación de 5 días previos al inicio del periodo experimental.

Se utilizaron 21 cabras multíparas anovulatorias de la raza Alpina francesa, homogéneas en cuanto a peso vivo (PV; 45.7 ± 1.9 kg) y una condición corporal (CC; 2.7 ± 0.1) en una escala del 1 al 5, unidades. Durante el período experimental las hembras fueron alimentadas con heno de alfalfa, agua y sales minerales a libre acceso. Además, las cabras cuentoban con corrales provistos de sombra y manejadas bajo un sistema intensivo.

Confirmación del estatus de anestro y tratamiento de hembras.

Las cabras se sometieron a una exploración ecográfica transrectal realizada por un solo operador experimentado, utilizando un ultrasonido Aloka 500 con un transductor de próstata humano de 7,5 MHz (Corometrics Medical Systems, Inc., Wallingford, CT, EE. UU.). Durante la exploración, las hembras se colocaron en posición de pie. Se aplicó una capa de carboximetilcelulosa al transductor como medio de

acoplamiento. Una vez que los cuernos uterinos estuvieron claramente ubicados, el transductor se rotó 90◦ en el sentido de las agujas del reloj y 180◦ en el sentido contrario a las agujas del reloj a través del tracto reproductivo hasta que se escanearon ambos ovarios para evaluar el estado funcional ovárico. Las cabras con cuerpo lúteo (CL)se descartaron del estudio.
Las cabras fueron seleccionadas completamente al azar, y asignadas a dos tratamientos: 1) grupo tratado (GT; n=11) con 100 mL de propilenglicol durante 7 días que duro el empadre, y 2) grupo control (GC; n=10), recibieron 10 mL de solución salina fisiológica como efecto placebo.

Sincronización del estro.
Al inicio de la complementación alimenticia (Día -7), y con el fin de sincronizar e inducir el estro, a todas las cabras se les introdujo una esponja intravaginal que contenía 65 mg de acetato de medroxiprogesterona (Serigan, Lab., Ovejero, México), y al momento del retiro (Día 0) se les administró 200 UI de Gonadotropina Coriónica Equina (Chorolum®, Intervet México) vía IM.

Variables evaluadas
Peso vivo y condición corporal
El PV se determinó al inicio (Día 0) y al final (Día 7) del periodo de estudio, utilizando una báscula de digital de plataforma (Torrey FS250) con una capacidad de 250 kg. Mientras que la CC se determinó al inicio (Día -7) y al final (Día 14) mediante la técnica descrita por Walken-Brown (2003) donde 1; un animal muy flaco y 5; muy gordo, la cual consistió en la palpación y observación de diferentes áreas de la cabra para determinar el nivel de cobertura de grasa dorsal.

Determinación de glucosa
Los niveles de GLUC se determinaron al incio (Día -7) y posteriormente cada 7 días del periodo de estudio, mediante venpunción yugular con la ayuda de una aguja vacutainer (21 G x 38 mm) obteniendo una gota de sangre directamente de la yugular y colocándola en una tira reactiva para prueba rápida de GLUC, la cual, es absorbida por capilaridad (aprox. 6 µL) a través de un glucómetro (Freestaley, Optium Neo®), y el resultado se expresó en mg/dL.

Actividad estral
Se registró la ocurrencia diaria de cabras que mostraban signos de celo durante los 7 días del período de empadre. Posteriormente, se calculó la tasa de respuesta al estro considerando el número de hembras en celo hasta 7 días después de la administración de eCG /número de hembras tratadas × 100. El estro se observó durante 15 min dos veces al día (0800 y 1800 h).

Porcentaje ovulación y número de cuerpos lúteos
El porcentaje de hembras ovuladas se estimó como el número de cabras que presentan cuerpo lúteo (CL) con respecto al total de cabras por grupo. La tasa ovulatoria (TOV) se determinó contando el número de CL en la superficie de ambos ovarios de todas las cabras, alrededor del día 13 después del apareamiento, utilizando un ultrasonido Aloka 500 que cuenta con un transductor de próstata humano de 7,5 MHz (Corometrics Medical Systems, Inc., Wallingford, CT, EE. UU.).

Análisis estadístico
Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros de peso vivo, condición corporal, número de cuerpos lúteos fueron comparadas usando una prueba de t. Mientras que el porcentaje de hembras en estro y que ovularon fueron comprados por medio de una Chi- cuadrada. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de P≤0.05.

Resultados y discusión
El PV fue mayor (47.3 ± 2.2; P≤0.05) en las hembras del GT comparadas con el GC (46.7± 1.8). Nuestros resultados están de acuerdo con los encontrados por Mohammed *et al*. (2021), en ovejas tratadas con PG que tuvieron una mayor ganancia de PV. Es probable, que los resultados encontrados en nuestro estudio se deban a que la adición de PG estimulo un mayor aprovechamiento de nutrientes digestibles y mantener un mayor peso corporal. Los niveles de GLUC (44.3 ± 1.7) no mostraron diferencia estadística (P>0,05)

entre tratamientos. Lo anterior, es contrario a lo reportado por Mohammed *et al*., 2021), que mostraron niveles altos de GLUC en el plasma de las ovejas tratadas con PG. Es probable, que al no elevar los niveles de GLUC en las cabras del GT, no se vio afectado su metabolismo energético. En contraste, la suplementación dietética a corto plazo puede mejora significativamente la eficiencia reproductiva en rumiantes al estimular los sistemas intrafoliculares de insulina-glucosa, factor de crecimiento insulínico y leptina (Alves *et al*., 2021).

El porcentaje de cabras en celo (90% vs 63%) y TOV (1.7±0.1 vs 1.5±0.1) no mostraron diferencia estadística ($P>0.05$) para ambos grupos. Mientras que el porcentaje de ovulación (100%) fue mayor en el GT comparado (66%) con el GC ($P\leq0.05$). Lo anterior, pudo deberse a un aumento en los niveles de GLUC, aunque, no estadístico, pero si suficiente para estimular otros sistemas involucrados en el desarrollo y maduración folicular en las hembras del GT. En efecto, estos sistemas durante un protocolo de suplementación nutricional corto de 7 días, desde la fase lútea, hasta la folicular, estimulan la secreción de las hormonas gonadotropicas (FSH y LH), y aumentan las concentraciones plasmáticas de glucosa e insulina en cabras (Haruna *et al*., 2009). Los resultados del presente estudio demuestran que el tratamiento corto por 7 días con PG durante el empadre, mejora el porcentaje de ovulación y peso vivo de las cabras tratadas ($P<0.05$).

Conclusiones

La complementación con propilenglicol durante (7 días) el empadre mejora el porecentaje de ovulación y peso vivo de cabras Alpinas francesa sincronizadas al estro. Sin embargo, no mejoró los niveles de glucosa sanguínea, ni la condición corporal de las cabras. Se sugiere, que en investigaciones posteriores se evalúen los perfiles metabólicos que estén relacionados con el metabolismo energético, así como la respuesta reproductiva.

Referencias bibliográficas

1. Alves, J. P. M., Fernandes, C. C. L., Calderón, C. E. M., Rossetto, R., Bertolini, M., & Rondina, D. (2021). La suplementación a corto plazo con dietas ricas en lípidos o precursores de glucógeno puede afectar al entorno intrafolicular, la expresión génica mitocondrial de los ovocitos y el desarrollo embrionario después de la partenogénesis en cabras. *Investigación sobre pequeños rumiantes*, *194*, 106279.
2. Chiofalo, V., Todaro, M., Liotta, L., Margiotta, S., Manzo, T., & Leto, G. (2005). Efecto del propilenglicol en el rendimiento pre y postparto de las ovejas lecheras. *Investigación sobre pequeños rumiantes*, *58*(2), 107-114.
3. Haruna, S., Kuroiwa, T., Lu, W., Zabuli, J., Tanaka, T., & Kamomae, H. (2009). Los efectos de los estímulos nutricionales a corto plazo antes y después de la luteólisis sobre el estado metabólico, las hormonas reproductivas y la actividad ovárica en cabras. *Revista de Reproducción y Desarrollo*, *55*(1), 39-44.
4. Mohammed, A. A., Al-Hizab, F., Al-Suwaiegh, S., Alshaheen, T., Kassab, A., Hamdon, H., & Senosy, W. (2021). Effects of propylene glycol on ovarian Restoration, reproductive performance, Metabolic status and milk production of Farafra ewes in subtropics. *Fresen. Environ. Bull*, *30*(7), 8192-8202.
5. Wukadinovich, M., & Rossow, H. A. (2023). Production Responses of Holstein Dairy Cows to a Sodium Propionate Supplement Fed Postpartum to Prevent Hyperketonemia. *Dairy*, *4*(4), 527-540.

INFLUENCIA DE LA SUPLEMENTACIÓN DE MINERALES SOBRE EL CRECIMIENTO DE COMUNIDADES BACTERIANAS CELULOLÍTICAS DEL CABALLO.

Salvador Pulido-Huertas[1], Daniel Martínez-Gómez[1], Estela Teresita Méndez-Olvera[1], José Antonio Martínez-García[1], Germán David Mendoza-Martínez[1], Gabriela Vázquez-García[1].

[1]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

*Autor para correspondencia: salvadorpulidohuertas@gmail.com

Palabras clave: minerales, suplementación, bacterias celulolíticas.

Introducción

Los caballos contienen una microbiota cecal compleja conformada con diferentes géneros bacterianos como *Fibrobacter*, *Prevotella* y *Ruminococcus*. Estos géneros son pertenecientes a las bacterias celulolíticas, las cuales tienen la capacidad de degradar polisacáridos de los forrajes y metabolizarlos en fuentes de energía para los caballos (Brandi *et al*., 2024). Sin embargo, la composición de la microbiota y los tamaños de las comunidades bacterianas está influenciada principalmente por los patrones dietéticos (Brandi *et al*., 2024). Es por esto, que se debe de buscar alternativas que ayuden al desarrollo de comunidades de bacterias celulolíticas, el cual puede ser a través de la suplementación con fuentes minerales. En investigaciones previas se ha estudiado el crecimiento de bacterias celulolíticas en diferentes especies de animales tras suplementarlos con minerales (Crowley *et al*., 2018; Guo *et al*., 2024). En ratas al ser suplementadas con Ca, Mg y C, observaron un aumento del tamaño de las comunidades bacterianas de la familia *Ruminococcaceae* (Crowley *et al*., 2018). De forma similar, en vacas al suplementarlas con un tampón mineral alcalino, las comunidades bacterianas *Fibrobacter* y *Ruminococcus* aumentaron su crecimiento (Guo *et al*., 2024). Estos antecedentes indican que suplementar con minerales podría ser una alternativa para desarrollar la microbiota cecal de los caballos a través del aumento de los tamaños de comunidades bacterianas celulolíticas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento de comunidades bacterianas celulolíticas tras suplementar a caballos con minerales.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en el Laboratorio Microbiología Agropecuaria de la Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. La fase experimental se realizó en las instalaciones de la Unidad de Policía Montada Metropolitana, CDMX (altitud: 2,247 m, latitud: 19° 21′ 30″ y longitud: 99° 05′ 35″).

Diseño experimental y alimentación de los caballos. En este experimento se utilizaron 50 caballos de diferentes razas, conformados con yeguas lactantes, caballos de trabajo y caballos de mantenimiento. Los caballos fueron divididos en dos grupos para realizar la suplementación con minerales, grupo sin minerales (n= 24 caballos) y grupo con minerales (n= 25), ambos grupos contaron con la misma proporción de yeguas lactantes, de trabajo y de mantenimiento. La suplementación tuvo una duración de 60 días y durante este periodo recibieron una dieta que contenía 9.70% PC, 51.25% FDN, 17.40% FDA, 0.42% P, 1.13% K, 0.29% Ca, 0.16% Mg, 0.02% Na, 138 ppm Fe, 4.16 ppm Cu, 69.33 ppm Zn, 56.79 ppm Mn y agua ad libitum. Para la suplementación con minerales se utilizó un bloque mineral comercial que contenía por cada kg de MS: 100 g Ca, 120 g P, 12.1 mg Zn, 2050 mg Cu, 4050 mg Mn, 105 mg I y 30 mg Se. La suplementación incluyó melaza y sal como portadores y fue ad libitum.

Extracción de ADN total. Al inicio y final de la suplementación se recolectaron muestras de heces por caballo de cada grupo. Cada muestra de heces fue suspendida en solución PBS y se y se utilizó un método de Lisis con tiocianato y sílica para la extracción del ADN total. Las muestras de ADN se trataron con RNAsas. La pureza del ADN se determinó mediante electroforesis en un gel de agarosa al 0.8%. El ADN purificado se cuantificó por espectrometría utilizando A260 – A280.

Cuantificación por qPCR de las comunidades bacterianas por género. En el análisis de qPCR se diseñaron en el software DNAman iniciadores generados a partir de regiones altamente conservadas del gen 16s rRNA, para poder cuantificar el total de bacterias, *Fibrobacter*, *Prevotella* y *Ruminococcus*. Las secuencias de los iniciadores fueron: total de bacterias Forward (F) 5′-GTGSTGCAYGGYTGTCGTCA-3′, Reverse (R) 5′-ACGTCRTCCMCACCTTCCTC-3′; *Fibrobacter* F 5′-GTTCGGAATTACTGGGCGTAAA-3′, R 5′-

CGCCTGCCCCTGAACTATC-3′; *Prevotella* F 5′-GGTGTCGGCTTAAGTGCCAT -3′, R 5′-CGGACGTAAGGGCCGTGC-3′; *Ruminococcus* F 5′-CCACATTGGGACTGAGACAC-3′, R 5′-CATTATCGTCCTTTAAGACAGGAG-3′. Las condiciones de ciclo fue 95°C durante 5 min, seguido de 30 ciclos a 95°C durante 1 min, 56°C durante 1 min y 72°C durante 1 min. Se utilizaron curvas estándar (1.0, 0.1, 0.01 y 0.001 ng del ADN total) por cada género bacteriano para la cuantificación.

Análisis de datos. Para nuestro análisis cada muestra de heces por caballo fue considerada como unidad experimental. La comparación de las medias fue por cada género bacteriano al inicio y al final de la suplementación a través de la prueba t-student. La dependencia lineal del crecimiento entre dos géneros bacterianas se realizó a través de un análisis de covariables y se determinó el grado de dependencia con el coeficiente de Pearson. Los datos fueron analizados en el software R.

Resultados y discusión

Crecimiento de las comunidades bacterianas por género.

Los valores de los tamaño de las comunidades bacterianas celulolíticas se muestran en el Cuadro 1. La suplementación en los caballos con los minerales al día 60 generó un aumento significativo de las Bacterias totales y de *Ruminococcus* (P<0.05) (Cuadro 1). Asimismo, estas diferencias de tamaño al día 60 generó un aumento significativo del porcentaje de *Ruminococcus* con relación a las Bacterias totales (P<0.05) (Cuadro 1). Lo que indicaría que las Bacterias totales aumentaron su tamaño con una participación del crecimiento de *Ruminococcus*. Estos datos son consistentes con investigaciones realizadas en otras especies de animales, Crowley *et al*. (2018) reportaron un aumento significativo en el crecimiento de las comunidades Ruminococcaceae, tras suplementar a ratas con una mezcla mineral marina compuesta principalmente con Ca, Mg y C. Guo *et al*. (2023), al suplementar a vacas con un tampón mineral alcalino (conformado con Zn, Na, K y Ge) antes y posterior al parto, aumentaron un 100% el crecimiento de las comunidades de *Ruminococcus*. En nuestro estudio el crecimiento de *Ruminococcus* al final de la suplementación se observó una diferencia significativa entre los grupos con y sin minerales (P<0.05). Sin embargo, en ambos grupos se observó una disminución proporcional con relación al inicio de la suplementación (Cuadro 1). No obstante, la suplementación con minerales evitó una mayor disminución de *Ruminococcus* al día 60 (Cuadro 1). En la investigación de Meng *et al.* (2024) tras suplementar con Na2SeO3 a borregos por 60 días, observaron en las bacterias ruminales un cambio significativo en la expresión de genes que enriquecieron los procesos “Procesos Celulares, Crecimiento y Muerte Celular”. Estos procesos están relacionados a la replicación del ADN, crecimiento, proliferación o muerte celular. Esto indicaría que los minerales tienen la capacidad de desarrollar un ambiente en donde estimulan a las bacterias celulíticas a que realicen procesos de reproducción, pero que requieren de un tiempo necesario para poder adaptarse a este ambiente y puedan responder a los estímulos.

Cuadro 1. Tamaño de comunidades bacterias celulolíticas de caballos tras 60 días de suplementación con y sin minerales.

Día de suplementación	0		60	
	Sin minerales	Con minerales	Sin minerales	Con minerales
Bacterias totales, 10^{10}/µL *	4.8 ± 1.3	5.9 ± 0.8	**6.1 ± 0.7**	**9.77 ± 1.5 ¤**
Fibrobacter, 10^{4}/µL *	1.2 ± 0.3	1.3 ± 0.4	13.13 ± 1.6	13.6 ± 2.7
Prevotella, 10^{4}/µL *	13.5 ± 3.0	12.8 ± 1.6	103.6 ± 9.2	115.4 ±14.4
Ruminococcus, 10^{4}/µL *	121.0 ± 12.7	99.5 ± 11.3	**0.2 ± 0.0**	**0.5 ± 0.1 ¤**
Fibrobacter, % 10^{-5}/µL **	2.4 ± 0.9	2.2 ± 1.0	25.1 ± 5.1	17.7 ± 3.3
Prevotella, % 10^{-5}/µL **	27.7 ± 13.9	21.4 ± 4.5	171.3 ± 10.8	148.1 ± 18.8
Ruminococcus, % 10^{-5}/µL **	248.0 ± 76.9	167.0 ± 35.9	**0.3 ± 0.1**	**0.5 ± 0.1 ¤**

Sin minerales: Grupo de caballos que no fue suplementado con minerales; Con minerales: Grupo de caballos que fue suplementado con minerales; *Error estándar de la media (EEM) expresado en 10^{4}; **: EEM expresado en 10^{-5}; ¤: P<0.05, diferencia significativa; %: Porcentaje de la comunidad bacteriana con relación a las bacterias totales.

Dependencia lineal del crecimiento entre dos géneros bacterianos.

Los valores de correlación del crecimiento entre géneros bacterianos se muestran en Cuadro 2. La suplementación mineral en los caballos generó dependencias positivas en los crecimientos entre las comunidades *Fibrobacter-Prevotella* (r = 0.92) y *Ruminococcus-Prevotella* (r = 0.92) (Cuadro 2). Estas dependencias positivas en el crecimiento entre géneros bacterianos celulolíticos las observó Guo *et al*. (2023) tras suplementar a vacas con un tampón mineral alcalino, *Fibrobacter-Ruminococcus* mostraron una

relación positiva en sus crecimientos. Es posible que los minerales aumenten el tamaño de las bacterias celulolíticas al estimular a que desarrollen la "cooperación bacteriana", tal vez a través de una señalización para producir enzimas para degradar sustratos de la dieta, cómo se ha observado en otras investigaciones. Yousef *et al*. (2019) al cultivar bacterias celulolíticas con CaCl2, observaron una relación entre degradación de celulosa y crecimiento bacteriano, a mayor degradación de celulosa mayor crecimiento de las comunidades bacterianas. Estos resultados nos indican que los minerales estimulan a las bacterias celulolíticas a que se reproduzcan, pero no de forma individual, sino a través de una participación entre comunidades. Probablemente los minerales estimulan a las bacterias a que realicen procesos de reproducción a través del desarrollo de una cooperación bacteriana.

Cuadro 2. Dependencias en el crecimiento entre comunidades bacterianas celulolíticas y bacterias totales de caballos tras 60 días de suplementación con y sin minerales.

		Fibrobacter		*Prevotella*		*Ruminococcus*	
		Sin Mns	Con Mns	Sin Mns	Con Mns	Sin Mns	Con Mns
Bacterias Totales	Sin Mns	0.69		0.89		-0.64	
	Con Mns		0.22		0.51		-0.49
Fibrobacter	Sin Mns	1.00		0.82		-0.56	
	Con Mns		1.00		**0.92**		-0.46
Prevotella	Sin Mns			1.00		-0.67	
	Con Mns				1.00		**0.92**

Sin Mns: Grupo de caballos que no fue suplementado con minerales; Con Mns: Grupo de caballos que fue suplementado con minerales. Las dependencias de los crecimientos entre dos comunidades bacterianas fueron consideradas como significativas con un r = <−0.90 o >0.90.

Conclusión

La suplementación mineral en caballos incrementó el tamaño de las bacterias totales con una participación del crecimiento de la comunidad de *Ruminococcus*, siendo dependiente del crecimiento de *Prevotella*. Nuestros resultados sugieren que la suplementación mineral es una opción para ayudar en el desarrollo de la microbiota entérica de los caballos, a través del incremento de comunidades bacterianas celulolíticas.

Agradecimientos

El equipo de trabajo de este estudio agradece a MinPlex, MNA México por proporcionar el bloque mineral utilizado en este estudio.

Fuente financiadora

Este estudio fue financiado y aprobado por el Comité Académico del Programa de Doctorado en Agricultura y Ganadería de la Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco.

Referencias bibliográficas

1. Brandi LA, Nunes AT, Faleiros CA, Poleti MD, Oliveira ECDM, Schmidt NT, Brandi RA. 2024. Dietary Energy Sources Affect Cecal and Fecal Microbiota of Healthy Horses. Animals. 14(23):3494. https://doi.org/10.3390/ani14233494
2. Crowley EK, Long-Smith CM, Murphy A, Patterson E, Murphy K, O'Gorman DM, Stanton C, Nolan YM. 2018. Dietary Supplementation with a Magnesium-Rich Marine Mineral Blend Enhances the Diversity of Gastrointestinal Microbiota. Marine Drugs. 16(6):216. https://doi.org/10.3390/md16060216
3. Guo C, Kong F, Li S, Wang X, Sun X, Du W, Dai D, Wang S, Xie B, Xu X. 2023. Effect of Alkaline Mineral Complex Buffer Supplementation on Milk Performance, Serum Variables, Rumen Fermentation and Rumen Microbiota of Transition Dairy Cows. Fermentation. 9(9):792. https://doi.org/10.3390/fermentation9090792
4. Meng L, Jin X, Song W, Zhang R, Tong M, Qi Z, Mi L. 2024. Dietary selenium levels affect mineral absorbability, rumen fermentation, microbial composition and metabolites of the grazing sheep. Animal Feed Science and Technology. 308:115877. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115877
5. Yousef N, Mawad A, Abeed A. 2019. Enhancement the cellulase activity induced by endophytic bacteria using calcium nanoparticles. Current microbiology. 76:346-354. https://doi.org/10.1007/s00284-018-1614-x

.

METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL VALOR ECONÓMICO RELATIVO (VER) DE NUTRIENTES Y FORRAJES EN LA PRODUCCIÓN LECHERA.

Carlos Urban Häubi-Segura[1]*

[1]Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias

*Autor para correspondencia: carlos.haubi@edu.uaa.mx

Palabras clave: valor económico, nutrientes, forrajes.

Introducción

La eficiencia económica de los sistemas de producción lechera, tanto intensivos como de pastoreo, depende en gran medida del uso estratégico de insumos alimenticios. Los alimentos representan entre el 60 y 80 % de los costos de producción, por lo que es crucial evaluar no solo su valor nutritivo, sino también su rentabilidad. Tradicionalmente, el precio de los forrajes y concentrados se calcula en base a su peso en estado fresco (Base Tal Cual BTC, o Base Húmeda), lo que puede generar distorsiones al no considerar su contenido de humedad ni su valor real como fuente de nutrientes digestibles, por lo que se sugiere calcularlo además en Base Materia Seca (BMS). Sin embargo, esto no dice nada del valor nutritivo de los ingredientes, por lo que es importante además calcular el valor económico de los nutrientes, principalmente de la Energía Neta de Lactancia (ENLac) y de la Proteína Cruda (PC).

El análisis económico de los nutrientes permite comparar distintos ingredientes sobre una base común, considerando su contenido de materia seca (MS), energía neta de lactancia (ENLac) y proteína cruda (PC). Este enfoque facilita la formulación de dietas más rentables, sin comprometer los requerimientos nutricionales de los animales. El objetivo de este trabajo fue presentar una metodología práctica y replicable para calcular el valor económico relativos (VER) de los nutrientes y forrajes, y estimar su potencial lechero (PL) por hectárea en sistemas de producción de leche**.**

Materiales y métodos

Se desarrolló una metodología para calcular el Valor Económico Relativo (VER) de forrajes y concentrados en función de su contenido de materia seca (MS), energía neta de lactancia (ENLac) y proteína cruda (PC). Los cálculos se realizaron sobre una base de materia seca utilizando análisis bromatológicos estándar (AQP y Van Soest). Para estimar la energía digestible (ED), metabolizable (EM) y ENLac, se aplicaron las ecuaciones del NRC (2001):

El porcentaje de TND se calculó a partir de la fórmula:

TND (%) = PC×0.8 + FC×0.5 + EE×0.9×2.25 + ELN×(0.75 ó 0.90)

ED (Mcal/kg MS) = TND × 4.409 / 100

EM (Mcal/kg MS) = TND × 3.615 / 100

ENLac (Mcal/kg MS) = (TND × 2.45 / 100) − 0.12

donde PC es proteína cruda, FC es fibra cruda, EE es extracto etéreo y ELN son extractos libres de nitrógeno, calculados por diferencia.

El valor económico de los nutrientes se estimó utilizando el método de Petersen (1932), que compara los diferentes ingredientes de una ración contra dos referencias base, en este caso, grano de maíz molido (GMM) para energía y pasta de soya (PSy) para proteína cruda. Las ecuaciones simultáneas permiten resolver el valor económico de los nutrientes principales, esto es, el valor económico de una megacaloría de la EN_{Lac} (ENL$) y de una unidad porcentual de proteína cruda (PC$), y así comparar distintos ingredientes.

La solución a las ecuaciones simultáneas para ENL$ y PC$ es la siguiente:

$ENL\$ = (PC_{PSy} * GMM\$) – (PC_{GMM} * PSy\$) / (PC_{PSy} * ENL_{GMM}) – (PC_{GMM} * ENL_{PSy})$

$PC\$ = (ENL_{PSy} * GMM\$) – (ENL_{GMM} * PSy\$) / (ENL_{PSy} * PC_{GMM}) – (ENL_{GMM} * PC_{PSy})$

Cuadro 1 presenta los valores de ENL$ y PC$ ($4.836 y $0.0522, respectivamente) y el valor total de los ingredientes de referencia en BMS.

Finalmente, se calculó el potencial de producción de leche (PL) por hectárea en función del contenido energético del forraje (ENLac/kg MS), el rendimiento por hectárea (kg MS/ha), y el requerimiento energético por litro de leche (1.43 Mcal ENLac/L), derivado de su composición promedio (3.6 % grasa, 3.2 % proteína, 4.8 % lactosa).

Resultados y discusión

Los cálculos de valor económico en base materia seca (MS) mostraron que el precio aparente de los forrajes puede ser engañoso si no se considera su contenido de humedad. Por ejemplo, una paca de alfalfa con mayor contenido de MS resultó más rentable por kilogramo de nutriente útil que otras de menor costo nominal.

El análisis de nutrientes digestibles reveló que los valores de TND y EN_{Lac} varían considerablemente entre forrajes, afectando su valor energético. A partir de los datos del análisis químico proximal y las fórmulas del NRC (2001), se estimó que una alfalfa con 64.1 % de TND aporta aproximadamente 1.45 Mcal de ENLac/kg MS.

Cuadro 1. Cálculo del valor económico de EN_{Lac} y proteína cruda según el Método de Petersen.

	Precio $/kg MS	EN_{Lac} Mcal/kg MS	PC (%)	Valor ENL$	Valor PC$	Valor Total[1]	VER[2] %
Grano de Maíz	$9.66	1.90	9.00	$4.836	$0.0522	$9.66	100%
Pasta de Soya	$13.33	2.26	46.00	$4.836	$0.0522	$13.33	100%

[1]Valor Total = EN_{Lac} * Valor EN_{Lac} + PC * Valor PC; [2]VER = Valor Total / Precio BMS

Aplicando el método de Petersen (1932), se encontró que algunos forrajes con menor percepción de valor —como el rye grass, el ensilado de maíz, el rastrojo de maíz y la paja de cebada— presentaron valores económicos relativos superiores al 100 % (Cuadro 2**)**, lo cual los hace competitivos frente a ingredientes comerciales como el grano de maíz o la pasta de soya. Por ejemplo, la paja de cebada mostró un valor económico relativo de 396 %, lo que indica que su uso puede reducir el costo de las dietas si se formula correctamente.

Cuadro 2. Cálculo del Valor Económico Relativo (VER) de los ingredientes según el método de Petersen.

Ingredientes	Precio mercado $/kg BTC	MS (%)	Precio BMS $/kg MS	EN_{Lac} (Mcal/ kg MS)	PC (%)	Valor EN_{Lac}[1]: $/Mcal kg	Valor %PC[2]: $/%PC	Valor Total	VER %
Grano de Maíz	$8.50	88.0	$9.66	1.90	9.00	9.189	0.470	$9.66	100%
Pasta Soya	$12.00	90.0	$13.33	2.26	46.00	10.930	2.403	$13.33	100%
Alfalfa heno	$5.00	89.0	$5.62	1.45	22.00	7.013	1.149	$8.16	145%
Rye Grass	$2.50	89.0	$2.81	1.35	18.00	6.529	0.940	$7.47	266%
Ensilado maíz	$1.20	30.0	$4.00	1.45	7.00	7.013	0.366	$7.38	184%
Rastrojo maíz	$1.50	93.0	$1.61	0.95	5.00	4.594	0.261	$4.86	301%
Paja Cebada	$1.30	94.0	$1.38	1.10	3.00	5.320	0.157	$5.48	396%

En este ejercicio: [1]la unidad de ENL$ 4.836; [2]la unidad de PC$ 0.0522

Finalmente, al calcular el potencial lechero (PL) por hectárea, se estimó que una hectárea de alfalfa (18 000 kg MS/ha y 1.46 Mcal ENLac/kg MS) puede generar hasta **18 377 litros de leche**, equivalentes a $183 776 pesos/ha, considerando un precio de $10/L. Esta metodología permite valorar integralmente los cultivos forrajeros en función de su contribución real a la producción lechera.

Conclusiones

La metodología presentada permite calcular el valor económico real de los forrajes y concentrados en función de su contenido de nutrientes digestibles y su contribución al potencial lechero por hectárea. El uso del método de Petersen facilita la comparación objetiva de ingredientes y demuestra que algunos forrajes subestimados pueden tener un alto valor económico relativo.

Esta herramienta resulta útil para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción lechera, ya que permite formular dietas más rentables sin comprometer la nutrición animal. Además, vincular el rendimiento forrajero con el potencial productivo de leche por hectárea ofrece una visión integral para la toma de decisiones técnico-económicas en las unidades de producción.

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece el apoyo institucional de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, para la realización de este trabajo. El presente estudio no recibió financiamiento externo.

Referencias bibliográficas

1. Alvizo-Flores, J.A. (2018). Análisis de la eficiencia nutricional en hatos lecheros altos productores del Estado de Aguascalientes. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
2. Häubi Segura, C.U. & Gutiérrez Lozano, J.L. (2015). Evaluación de unidades familiares de producción lechera en Aguascalientes: estrategias para incrementar su producción y rentabilidad. Avances en Investigación Agropecuaria, 19(2), 7–34.
3. National Research Council (NRC). (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th rev. ed.). National Academy Press, Washington, D.C.
4. Petersen, J. (1932). A formula for evaluating feeds on the basis of digestible nutrients. Journal of Dairy Science, 15, 293–297.
5. Posadas-Domínguez, R.R., Salinas-Martínez, J.A., Callejas-Juárez, N., Álvarez-Fuentes, G., Herrera-Haro, J., Arriaga-Jordán, C.M., & Martínez-Castañeda, F.E. (2013). Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000–2012. Contaduría y Administración, 59(2), 253–275.

PORCENTAJE DE OVULACIÓN Y TASA EMBRIONARIA DE OVEJAS DORPER TRATADAS CON UN PRECURSOR GLUCONEOGÉNICO.

Sofía Ramírez- Loya[1], Guadalupe Calderón-Leyva[3], Dalia I. Carrillo-Moreno[3], Fernando Arellano-Rodríguez[3], Leticia R. Gaytán-Alemán[3], De los Angeles de Santiago-Miramontes[3], Oscar Ángel-García[2*]

[1]Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAAAN UL, [2]Departamento de Ciencias Medico Veterinarias, UAAAN UL, [3]Departamento de Producción Animal, UAAAN UL.

*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: gestación, cuerpo lúteo energía.

Introducción

En las últimas décadas se han buscado nuevas alternativas respecto al manejo nutricional que permitan disminuir las pérdidas e incrementar la energía retenida en productos que sean fáciles de utilizar, en este sentido, se han utilizado precursores de energía, que se han implementado para reemplazar parcialmente los granos de la ración, como es el glicerol (Mohammed et al., 2021). De esta manera, al haber mayor disposición de energía habrá mayores pulsaciones de LH, la cual mantiene y permite el desarrollo folicular induciendo la dominancia de uno o más folículos hasta la ovulación propiciando en consecuencia la formación de un cuerpo lúteo de vida media óptima (Escorcia *et al*., 2025).

En ovejas se han utilizado tratamientos cortos con glicerol y propilenglicol para aumentar la tasa de ovulación antes de la exposición a los machos (Aguilar *et al.* 2016). Estudios demuestran que el propilenglicol ocasiona un incremento de los niveles plasmáticos de glucosa e insulina, además aumenta la secreción de mecanismos de señalización para el folículo, factores de crecimiento etc., que regulan la función reproductiva; por lo tanto, proveer este aditivo energético mejora la función ovárica y ovocitaria (Mohammed *et al.,* 2021). El objetivo de este trabajo fue evaluar el porcentaje de ovulación y tasa embrionaria de ovejas Dorper tratadas con un precursor gluconeogénico y sincronizadas el estro.

Material y métodos

Lugar de estudio, condiciones climáticas

El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, dentro de las instalaciones de la posta ovino-caprina (25°32′38″N 103°25′08″O), en los meses de febrero y marzo del 2025. Con una altura media de alrededor de 1130 msnm. El clima de la región es semidesértico. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %, una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA, 2015).

Se utilizaron 19 hembras ovinas multíparas de la raza Dorper, homogéneas en cuanto a peso vivo (PV; 44.8 ± 3.2 kg) y condición corporal (CC; 2.7 ± 0.3, unidades). Durante el período experimental las hembras fueron alimentadas con heno de alfalfa y ensilaje de maíz, además contaban con agua a libre acceso y corrales provistos de sombra.

Tratamiento de hembras.

Las hembras fueron seleccionadas completamente al azar, y asignadas a uno de dos tratamientos: 1) grupo tratado (GT; n=10) con 50 mL de un precursor gluconeogénico (1-2 propanodiol 4% y propionato de sodio al 11.20 %), y 2) grupo control (n=9) se les administró 5 mL de solución salina. Ambos tratamientos fueron administrados por un periodo de 7 días previos al empadre.

Sincronización al estro

Las ovejas de ambos grupos fueron sincronizadas al estro a través de dos aplicaciones de 75 mg de Closprostenol, al día -7 y día 0, al momento de la segunda aplicación se les administró 200 UI de Gonadotropina sérica, y fueron expuestas a machos sexualmente activos durante 7 días.

Tasa ovulatoria, embrionaria y diagnóstico de preñez

La tasa ovulatoria se determinó a los 14 días posteriores al tratamiento hormonal, y que consistió en observar el número de cuerpos lúteos, la tasa embrionaria se determinó a los 21 días posteriores al tratamiento hormonal y consistió en observar la vesícula embrionaria, el diagnostico de preñez ser realizó a los 45 días mediante la observación del feto vivo, todos los procedimientos se realizaron mediante un ultrasonido (Cheason ECO2) con un transductor de 2,5 MHz – 11.0 MHz.

.

Resultados y discusión

El porcentaje general de ovulación (68%; P>0.05) y la tasa embrionaria (1.9±0.4) no mostraron diferencia significativa entre para ambos tratamientos. Estos resultados, son contrarios a lo reportado por otros estudios que mencionan, que la adición de precursores de glucosa como el propilenglicol, mejoran los niveles de glucosa e insulina, que son importantes señales para activar el eje hipotálamo–hipófisis-gónada, necesarios en la ovulación (Mohammed *et al*., 2021). En efecto, el precursor de energía (glicerol) aumenta la proliferación y la supervivencia de las células de la granulosa a través de la vía del factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I), para promover el desarrollo folicular (Scaramuzzi *et al*. 2011). Sin embargo, en nuestros resultados la respuesta reproductiva no se vio afectada de manera positiva por el tratamiento. Es probable, que las ovejas utilizadas en nuestro estudio cubrieran sus requerimientos nutricionales, y esto pudo influir de manera directa, ya que son hembras manejadas bajo condiciones intensivas. Por el contrario, el consumo o el manejo inadecuado del alimento resultan en deficiencias en el rendimiento productivo y reproductivo (Mohammed *et al.,* 2021). Por lo tanto, la suplementación corta (7 día) del precursor de glucosa no estimuló el crecimiento de los folículos y por consecuencia no tuvimos mayor tasa ovulatoria (Escorcia *et al*., 2025). Lo anterior, se refleja en el porcentaje de preñez (48%; P>0.05) que no mostro diferencia significativa entre tratamientos.

Conclusiones

El tratamiento con un precursor de gluconeogénico durante 7 días no mejoro el porcentaje de ovualción y tasa embrionaria de ovejas Dorper sincronizadas al estro.

Referencias bibliográficas

1. Aguilar, U., Hernández Cerón, J., Domínguez, Y., & Gutiérrez, C. G. (2016). Tasa de ovulación, prolificidad y tasa de gestación en cabras tratadas con glicerol por vía oral. *Veterinaria México OA*, *3*(1), 0-0.
2. Escorcia Ortiz, P., Price, C. A., Guzmán Sánchez, A., & Guerrero-Netro, H. M. (2025). Glycerol Supplementation During Oestrus Synchronisation With Fluorogestone Acetate Affects Follicular Proliferation, Maturation and Apoptosis of Granulosa Cells in Pelibuey Ewes. Reproduction in Domestic Animals, 60(5), e70080.
3. Mohammed, A. A., Al-Hizab, F., Al-Suwaiegh, S., Alshaheen, T., Kassab, A., Hamdon, H., & Senosy, W. (2021). Effects of propylene glycol on ovarian Restoration, reproductive performance, Metabolic status and milk production of Farafra ewes in subtropics. *Fresen. Environ. Bull*, *30*(7), 8192-8202.
4. Scaramuzzi, R. J., Baird, D. T., Campbell, B. K., Driancourt, M. A., Dupont, J., Fortune, J. E., ... y Webb, R. (2011). Regulación de la foliculogénesis y determinación de la tasa de ovulación en rumiantes. Reproducción, Fertilidad y Desarrollo, 23(3), 444-467.

PORCENTAJE DE MASA MAGRA/MASA GRASA, CALORIMETRÍA, Y COEFICIENTE RESPIRATORIO DE RATONES MACHOS C57BL/6 ALIMENTADOS CON DIETAS ALTAS EN GRASA ADICIONADAS CON LECHE BOVINA PROCEDENTE DE TRES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ZONAS TROPICALES SUBHÚMEDAS.

Cuchillo-Hilario, M[1,2]*, Ramírez-Ramírez, D.L[3], Díaz-Martínez, M[1], Delgadillo-Puga, C[1], Torre-Villalvazo, I[4], Noriega, L.G[4]

[1]Departamento de Nutrición Animal. INCMNSZ. [2]Departamento de Ciencias Pecuarias, FES-Cuautitlán. UNAM. [3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. [4]Departamento de Fisiología de la Nutrición. INCMNSZ.

*Autor para correspondencia: mario.cuchilloh@incmnsz.mx

Palabras clave: lipotoxicidad, disfunción del tejido adiposo, síndrome metabólico.

Introducción

La dieta de los animales rumiantes es un factor que afecta de forma importante la calidad de la leche. La composición química de las plantas de las cuales los animales se alimentan también influye en esta variable. Cuando hay más compuestos bioactivos disponibles en la dieta, se espera que estos también aumenten su presencia en la leche y modifiquen el metabolismo animal (Cuchillo et al. 2024, Delgadillo y Cuchillo, 2021, Puga et al. 2019). Asimismo, se ha vinculado la presencia de compuestos bioactivos en la leche con la prevención de la resistencia a la insulina, hepatopatías y dislipidemias. Por otro lado, la alimentación del ganado bovino de doble propósito en el sureste de México se fundamenta principalmente en sistemas intensivos silvopastoriles monocultivos y en vegetación nativa. El propósito de este estudio consistió en comparar el porcentaje de masa magra/ masa grasa, calorimetría y coeficiente respiratorio, en un modelo en un modelo murino alimentado con una dieta alta en grasa (DAG), adicionada con leche bovina procedente de tres sistemas de alimentación de zonas tropicales subhúmedas: a) sistema silvopastoril intensivo (SPI), b) sistema de monocultivo (SM), y c) sistema de vegetación nativa (SVN).

Materiales y métodos

Se colectaron muestras de leche de bovinos bajo tres sistemas de alimentación: sistema silvopastoril intensivo (SPI), sistema monocultivo (SM) y sistema de vegetación nativa (SVN) de zonas tropicales subhúmedas del estado de Yucatán. Los muestreos se realizaron durante los meses de abril y agosto de 2023. Un total de 40 muestras fueron congeladas y liofilizadas. Para el ensayo con el modelo murino, se emplearon 30 ratones machos C57BL/6 de 21 días de edad y peso corporal entre 17 y 22 g, divididos en 5 grupos (n=6). Los grupos experimentales fueron: 1) **DC**= Dieta control (7% grasa); 2) **DAG**= dieta alta en grasa (21% grasa); 3) **SPI**= DAG más 40% de leche proveniente del SPI; 4) **SM**= DAG más 40% de leche proveniente del SM y 5) **SVN**= DAG más 40% de leche proveniente del SVN. Las dietas fueron isoenergéticas e isoproteicas; 20% de proteína, 47% de carbohidratos y 21% de grasa, excepto el grupo control, con 7% de grasa. Los roedores fueron alimentados *ad libitum* durante 98 días, alojandose en el Departamento de Investigación Experimental y Bioterio (DIEB) del INCMNSZ (CICUAL-NAN-2071-22-24-1). El peso corporal se evaluó una vez por semana hasta finalizar el estudio. La composición corporal (porcentaje de grasa magra y grasa) se evaluó en la semana 11 en un equipo de resonancia magnética EchoMRI, Echo Medical Systems, Houston, Texas, USA. El gasto energético se midió en la semana 11 del experimento, a través de calorimetría indirecta utilizando un sistema Oxymax Laboratory Animal Monitoring System de Columbus Instruments. Los datos se analizaron mediante ANOVA de una vía y Tukey usando el paquete estadístico GraphPad Prism 10.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Las diferencias entre grupos fueron establecidas con un $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

En la Figura 1A se muestra el consumo de alimento promedio de los ratones en los diferentes grupos, donde no se observa ningún cambio en la ingesta promedio. Sin embargo, en la Figura 1B se observa que el consumo de una DAG incrementó de manera significativa el peso corporal respecto al grupo alimentado

con DC (36.8 vs 29.4 g, respectivamente). Por otro lado, los grupos alimentados con leche de vaca presentaron una tendencia a tener un peso final menor que el grupo DAG. Solo el grupo SPI y SPI presentó una diferencia significativa respecto al grupo DAG ($p \leq 0.05$).

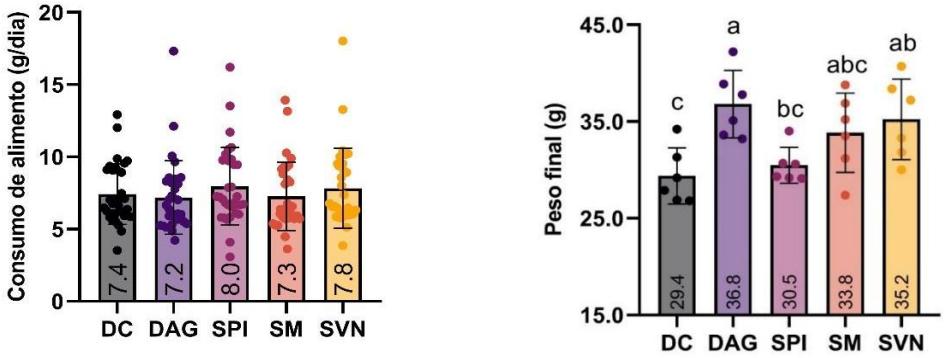
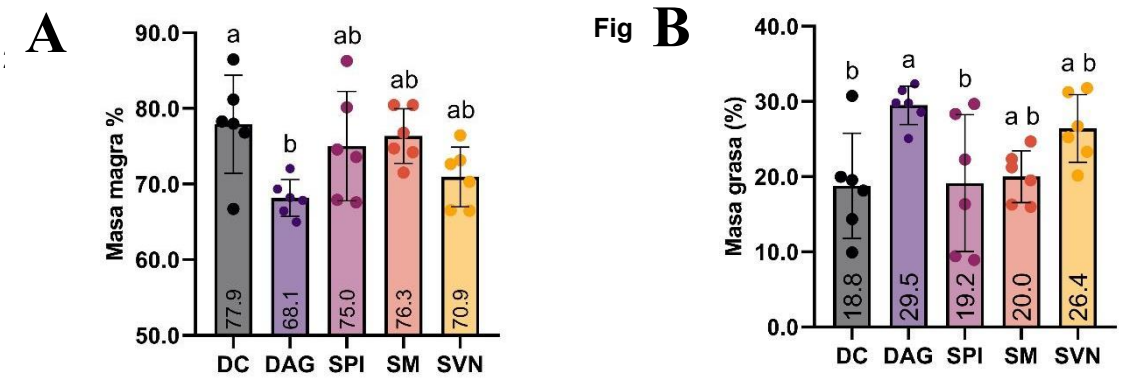


Figura 1. Consumo de alimento (A) y peso final (B) de ratones C57BL6 con dietas altas en grasa (DAG) e inclusión de leche bovina proveniente de sistemas silvopastoril intensivo (SPI), monocultivo (SM) y de vegetación nativa (SVN) de zonas tropicales subhúmedas. [abc]Variables con distinta literal representan diferencia estadística (α = 0.05; promedio ± error estándar), n=6.

Para los valores de masa magra, el grupo de dieta alta en grasa (DAG) obtuvo los valores más bajos, siendo el único estadísticamente diferente al grupo control ($p \leq 0.05$). Los grupos en los que se adicionó leche bovina no tuvieron diferencias estadísticamente significativas. La secuencia de menor a mayor masa magra en los ratones es la siguiente: DAG<SVN<SPI<SM<DC (Figura 2A). Los resultados muestran que una dieta baja en grasa promovió la formación de mayor masa muscular, mientras que las dietas altas en grasa tuvieron el efecto contrario. La inclusión de leche en dietas altas en grasa pudo modular este efecto, por lo que existe una diferencia de esta magnitud debido al sistema de alimentación de los animales rumiantes de donde proviene la leche. En el porcentaje de masa grasa, también hubo diferencias. El grupo DC y SPI fueron los más bajos ($p > 0.05$) diferentes al grupo DAG. La tendencia de menor a mayor valor para esta variable es la siguiente: DC<SPI<SM<SVN<DAG (Figura 2B).



Porcentaje de masa magra (A) y masa grasa (B) de ratones C57BL6 con dietas altas en grasa (DAG) e inclusión de leche bovina proveniente de sistemas silvopastoril intensivo (SPI), monocultivo (SM) y de vegetación nativa (SVN) de zonas tropicales subhúmedas. [abc]Variables con distinta literal representan diferencia estadística (α = 0.05; promedio ± error estándar). N=6.

La figura 3A muestra que durante el ayuno y posprandio no hubo diferencias ($p > 0.05$) en la producción de calor y al iniciar el consumo del alimento, se incrementó el consumo de oxígeno (Figura 3B) donde SPI mostró los valores más altos, mientras que DAG el más bajo ($p \leq 0.05$). Los valores más bajos del coeficiente respiratorio (Figura 3C), los presentaron los tratamientos con inclusión de leche en la dieta (SVN, SPI y SM). DC obtuvo el valor más alto (0.98), valor cercano a 1, lo que indica un mayor consumo de carbohidratos como fuente de energía. La suplementación con leche generó los resultados más bajos, valores relacionados con la utilización de una mezcla de carbohidratos y grasas como fuente energética. Esto contrasta con el valor de 0.70, que indica una oxidación predominantemente a partir de grasas.

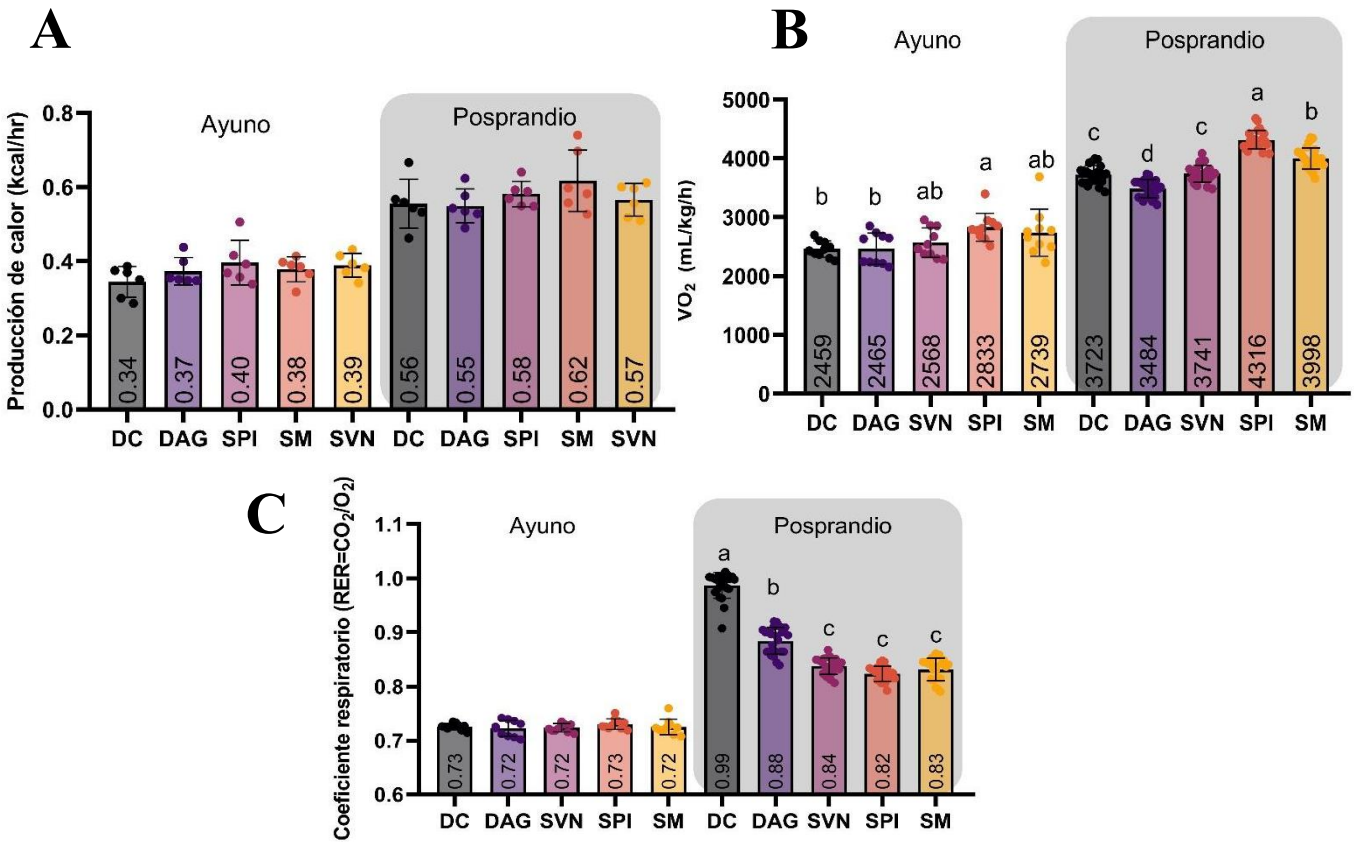


Figura 3. Calorimetría (A), consumo de oxígeno (B) y coeficiente respiratorio (C) de ratones C57BL6 con dietas altas en grasa (DAG) e inclusión de leche bovina proveniente de sistemas de vegetación nativa (SVN), silvopastoril intensivo (SPI), y monocultivo (SM) en zonas tropicales subhúmedas. [abc]Variables con distinta literal representan diferencia estadística (α = 0.05; promedio ± error estándar). N=6.

Conclusiones

La inclusión de leche proveniente del sistema de alimentación en silvopastoril intensivo (SPI), sistema de monocultivo (SM) y sistema de vegetación nativa (SVN) facilitó la generación de masa muscular y moduló la acumulación de masa grasa en ratones. El consumo de leche de vaca moduló las anormalidades metabólicas de una dieta alta en grasa y permitió aumentar el coeficiente respiratorio y, por ende, el gasto energético en los grupos con una dieta alta en grasa, sugiriendo una adecuada expansión de tejido adiposo y flexibilidad metabólica.

Referencias bibliográficas

1. Cuchillo-Hilario, M., Fournier-Ramírez, M.I., Díaz-Martínez, M., Montaño-Benavides, S., Calvo-Carrilo, M.C., Carrillo Domínguez, S., Carranco-Juaregui, M.A. Hernández-Rodriguez, E., Mora-Pérez, P., Cruz-Martínez, Y.R. and Delgadillo-Puga, C. 2024. Animal food products to support human nutrition and to boost human health: the potential of feedstuffs resources and their metabolites as health-promoters. Metabolites. 14. 496.
2. Puga, D.C.; Cuchillo, H.M.; León-Ortiz, L.E.; Ramírez-Rodríguez, A.; Cabiddu, A.; Navarro-Ocaña, A.; Morales-Romero, A.M.; Medina-Campos, O.N. y Pedraza-Chaverri, J. 2019. Goats' feeding supplementation with Acacia farnesiana pods and their relationship with bioactive compounds in milk: fatty acids, polyphenols and antioxidant activity. Animals. 9: 515.
3. Delgadillo-Puga, C. and Cuchillo-Hilario, M. 2021. Reviewing the benefits of grazing/browsing semiarid rangeland feed resources and the transference of bioactivity and pro-healthy properties to goat milk and cheese: obesity, insulin resistance, inflammation and hepatic steatosis prevention. Animals. 11(10):2942

ESTADO FÍSICO DE CABALLOS CUARTO DE MILLA, ALIMENTADOS CON UN CONCENTRADO EXTRUIDO CON PULIDO DE ARROZ Y PULPA DE REMOLACHA.

Elías Velázquez-Cantón[1*], Aurora H. Ramírez-Pérez[2], Elia M. García-Sánchez[1], Alberto Casarín-Valverde[1], J. Carlos Ángeles-Hernández[3], Jérémie Larcher[1], Oscar Martínez-Guajardo[1], Ana Celia Gómez-Campos[2]

[1]Grupo Nutec®, [2]DNAB, FMVZ-UNAM, [3]DMZR, FMVZ-UNAM

*Autor para correspondencia: evelazquez@gponutec.com

Palabras clave: pulido de arroz, pulpa de remolacha, extruido, ejercicio físico.

Introducción.
Con la finalidad de tener información sobre la actividad, estado físico (peso vivo (PV), condición corporal (CC), del cuello y tren posterior) de equinos, se realizó en 2019 un estudio en 50 unidades de producción equina (UPE; Cd. de México, Chihuahua, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, Veracruz, Tabasco, Yucatán), con un total de 450 animales. Los resultados mostraron que el 62 % de los animales se encontraban en mantenimiento, mientras que el resto realizaban ejercicio de ligero a moderado. Los caballos en condiciones de mantenimiento que recibían alimentos multipartícula que incluían en su composición granos rolados (principalmente maíz). Sin embargo, la CC corporal (en escala de 1 a 9, donde menor a 4 es baja, 5 a 7 moderada y mayor a 7 corresponde a un sobrepeso) de este grupo de animales era menor de 4, de 5 a 7 y mayor a 7, para el 71, 11 y 18 % de los animales. La prevalencia de cólicos y de laminitis en las UPE eran de 6 y 8 %, respectivamente. La alimentación del equino en mantenimiento puede realizarse incluyendo solo forrajes de buena calidad. Sin embargo, estos resultan difíciles de conseguir en el mercado nacional, por lo que recurrir al uso de concentrados es una práctica común. Los concentrados para equinos contienen cereales como materia prima mayoritaria, que dependiendo de la cantidad consumida y del proceso tecnológico aplicado al alimento, pueden arribar al intestino grueso donde serán fermentados rápidamente, causando problemas de cólicos y laminitis que en muchas ocasiones comprometen la vida del caballo. Los resultados del estudio exploratorio y el conocimiento del funcionamiento del sistema digestivo del caballo indicaron la necesidad de proporcionar a los caballos en mantenimiento o en ejercicio de ligero a moderado alimentos formulados para satisfacer sus necesidades energéticas y proteínicas apoyando su bienestar. Para ello, se desarrolló un alimento extruido[1] incluyendo pulido de arroz y pulpa de remolacha (400 y 40 g/kg) como fuentes de energía y fibras de lenta fermentación, respectivamente. Además de contener entre otros ingredientes pasta de soya (fuente de proteína) y microingredientes (aminoácidos cristalinos, vitaminas y minerales). Se hipotetizó que la inclusión de un alimento extruido a base de pulido de arroz y pulpa de remolacha mejoraría el peso vivo, condición corporal y del cuello de caballos en mantenimiento o bajo diferentes niveles de actividad física. Así, el presente estudio se llevó a cabo para evaluar el efecto de un alimento extruido a base de pulido de arroz y pulpa de remolacha en el peso, condición corporal y del cuello en caballos Cuarto de Milla en mantenimiento o realizando ejercicio físico de diferente intensidad.

Materiales y métodos
Lugar: El estudio duró 90 días, se realizó durante el otoño (2023) e invierno (2024), en siete UPE ubicadas en Zacatecas, México. ***Animales:*** se usaron 31 equinos (7, machos; 24, hembras) Cuarto de Milla, de 6.7 ± 5.4 años, con un PV (kg) de 358 ± 15.6 EEM; condición corporal baja (3.9 ± 0.08 EEM; escala 1 a 9); condición del cuello delgada (1.05 ± 0.07 EEM). Los caballos se encontraban bajo diferentes niveles de actividad: mantenimiento (n = 4), ejercicio ligero (n = 9), moderado (n = 10), intenso (n = 8). En un contexto de investigación de campo con un alcance temporal-longitudinal, de tipo cuantitativo se realizó el estudio con un ***diseño experimental*** de pre- y posprueba utilizando un solo grupo de caballos, con mediciones repetidas en el tiempo. ***Alimentación:*** el agua de bebida fue potable y se ofreció a libre acceso. Previo al estudio, la alimentación en las 7 UPE era a base de rastrojo de maíz y/o heno de alfalfa (g/kg MS_{90}, 808.40

[1] Galope^{MR} Balance. Grupo Nutec®

± 133.00 s.d.), con un concentrado multipartícula (de la zona) y/o grano de avena (g/kg MS_{90}, 191.60 ± 133.00 s.d.).

Se enviaron muestras de las dietas previas a un laboratorio[2] acreditado y aprobado para su análisis químicos (AQP, paredes celulares, calcio (Ca) y fósforo (P)), sus aportes de energía digestible fueron calculados (ED; Pagan, 1998). La composición por kg de MS_{90} de las dietas usadas en las UPE fue:

	g PC	Mcal ED	g FDN	g FDA	g Ca	g P
Media (d.s.)	100.9 (43.2)	2.6 (0.2)	450 (59.6)	361.6 (50.9)	6.9 (3.1)	3.8 (2.7)

La evaluación de las dietas previas mostró desbalances de proteína, energía, Ca y P, y de las relaciones PC:ED (38.81), FDN:FDA (1.24) y Ca:P (1.81). Los consumos aparentes promedio diarios (kilogramos de forraje, concentrado, proteína cruda (PC), fibras detergente neutro (FDN) y detergente ácido (FDA); Mcal de ED; gramos de Ca y P) en base 90 % de MS previos al inicio del experimento fueron:

	Forraje	Concentrados	TOTAL	PC	FDN	FDA	ED	Ca	P
Media (EEM*)	5.41 (0.36)	1.31 (0.16)	6.72 (0.04)	0.77 (0.06)	2.97 (0.19)	2.35 (0.14)	17.86 (1.15)	44.48 (3.12)	17.86 (1.15)

* EEM, error estándar de la media

Con base en el peso de los animales y su nivel de ejercicio se reformularon dietas individuales de acuerdo con las recomendaciones del sistema NRC (2007), utilizando como base los forrajes (g/kg MS_{90}, 711.80 ± 78.90 s.d.) y como ingrediente minoritario el alimento extruido (g/kg MS_{90}, 288.2 ± 78.90 s.d.). La composición química de éste por kg de MS_{90} fue: 156.6, 218.9, 80.8, 9 y 7 g de PC, FDN, FDA, Ca y P, respectivamente; su aporte de ED fue de 3.4 Mcal/kg MS_{90}; el contenido de almidón total fue de 24.23 %, del cual el 70.28 % estaba gelatinizado. Después del cambio gradual al 100 % de concentrado extruido (día 0), su uso continuó durante 90 días, ajustándose cada 30 días en función de las necesidades del animal y de acuerdo con las recomendaciones del NRC (2007). Los consumos iniciales diarios (kilogramos de forraje, concentrado, PC, FDN, FDA, Mcal de ED; gramos de Ca y P en base MS_{90} fueron:

	Forraje	Concentrado	TOTAL	PC	FDN	FDA	ED	Ca	P
Media	5.49	2.07	7.56	0.94	3.18	2.42	20.45	56.88	25.92
(EEM*)	0.37	0.06	0.38	0.05	0.19	0.15	1.00	3.44	0.80

* EEM, error estándar de la media

Cabe señalar que las relaciones PC:ED (45.96) y FDN:FDA (1.31) se aproximaron a la ideales 42 y 1.44, respectivamente. Mientras que la de Ca:P (2.2) se mantuvo dentro de lo recomendado. ***Recolección de datos:*** una vez iniciado el estudio, cada 30 días se tomaron las mediciones del PV (Shires Equestrian Horse & Pony Weighband), y se evaluaron las condiciones corporal (CC) y del cuello. La cuantificación de los consumos de forrajes y concentrado se realizó diariamente; con estos datos se calcularon los consumos de PC, FDN, FDA, ED, Ca y P. ***Análisis estadístico:*** los datos obtenidos se analizaron con un modelo mixto con mediciones repetidas en el tiempo; los factores fijos fueron: concentrado utilizado (multipartícula y extruido), edad, sexo, tipo de ejercicio físico; el factor aleatorio fue el caballo. Debido a que el peso de los animales es afectado por la ingestión de nutrientes, se usaron como covariables: consumo de concentrado, consumos aparentes de PC, cantidad dietaria de ED, FDN, FDA, Ca y P. Se empleó un modelo de regresión logística binomial para evaluar la asociación entre el periodo y la CC del tren posterior. Todos los analisis se llevaron a cabo utilizando el programa estadistico R. La significancia se fijó a $p < 0.05$.

Resultados y discusión

El ajuste de las dietas implicó modificaciones en el consumo de alimento. Sin embargo, una cuestión crítica fue mantener la proporción de forraje: concentrado para preservar la salud digestiva de los caballos. Así, la proporción de concentrado (g/kg MS_{90}) multipartícula o extruido usada en la alimentación no fue diferente ($p = 0.26$, 288.70 ± 103.16) durante todo el estudio. El Cuadro 1 muestra los resultados del peso y condición del cuello de los caballos en respuesta al uso del alimento extruido. El peso inicial fue menor ($p < 0.05$) respecto a los pesos alcanzados a los 60 y 90 días (396 ± 8.84 kg PV). Los equinos incrementaron en promedio 41 kg PV, ($p = 0.02$) por efecto del alimento extruido. Lo que era predecible ya que, si bien los forrajes usados cotidianamente en las UPE se mantuvieron en la dieta, el contenido de nutrientes del

[2] Laboratorio EURONUTEC[MR]. Acreditación ISO/IEC 17025 por ema; aprobado por SENASICA (SADER).

concentrado era más importante que el de los utilizados en las UPE. Además, el proceso de extruido mejora la digestibilidad de los almidones en el intestino delgado (Julliand *et al*., 2006).

Cuadro 1. Peso vivo (PV) y condición del cuello de caballos Cuarto de Milla, alimentados con forraje y concentrado extruido* durante 90 días (d).

Ítem	d0 (inicial)	d30	d60	d90	EEM**	Valor de p
PV (kg)	358.0^{b}	386.0^{ab}	393.0^{a}	399.0^{a}	15.6	0.02
Cuello	1.09^{b}	1.30^{a}	1.50^{a}	1.50^{a}	0.03	0.001

*Concentrado con pulido de arroz y pulpa de remolacha. **EEM, error estándar de la media

En lo referente a la condición del cuello, esta incrementó a partir del día 30 de recibir los alimentos extruidos. Por otra parte, la edad, sexo y ejercicio físico no afectaron ($p > 0.05$) el peso vivo, ni la condición del cuello. La CC tampoco mostró ($p > 0.05$) un efecto de la edad, ni del sexo; pero fue afectada por la alimentación con el extruido y el nivel de ejercicio físico (Cuadro 2). La CC incrementó ($p < 0.05$) después de 60 días de recibir el alimento extruido en los caballos en mantenimiento, y en los que realizaban actividad ligera o moderada. El hecho de recibir un mayor y mejor aporte de nutrientes mejoró la CC favoreciendo un incremento de las reservas energéticas; sin embargo, en los 90 días de duración del estudio no se alcanzó la CC ideal (5 a 7), lo que hubiera sido factible con un aumento en la inclusión del alimento extruido en la dieta: pero contraproducente para la salud del animal. Por otra parte, la diferencia ($p < 0.05$) en la CC respecto a la inicial (0d) se definió a los 90 días de alimentación con el extruido en los caballos que desarrollaban actividad física intensa. En referencia a la evaluación de la condición del tren posterior, la probabilidad de presentar condición corporal moderada en el inicio (d0) fue prácticamente nula (intercepto = −21.57). En el primer mes se estimó cercana al 90 %, y en el segundo y tercer mes fue próxima al 100 % (coeficientes = 43.13). En contraste, el periodo previo no mostró diferencias con el primer mes, con un coeficiente cercano a cero. Estos caballos, aunque recibieron más nutrientes, parte de ellos se usaron en la generación de energía para realizar la actividad física intensa, por lo que la constitución de reservas energéticas se ralentizó.

Cuadro 2. Condición corporal (± EEM*) de caballos Cuarto de Milla alimentados con forraje y concentrado extruido** durante 90 días (d), realizando diferente nivel de actividad.

Actividad	0d	30d	60d	90d	Valor de p
Mantenimiento (n = 4)	3.0^{b} ± 0.3	3.7^{ab} ± 0.1	4.0^{a} ± 0.0	4.5^{a} ± 0.0	<0.0001
Ligera (n = 9)	4.1^{b} ± 0.1	4.3^{ab} ± 0.1	4.3^{a} ± 0.1	4.4^{a} ± 0.1	<0.001
Moderada (n = 10)	4.0^{b} ± 0.1	4.2^{ab} ± 0.1	4.2^{a} ± 0.1	4.5^{a} ± 0.1	<0.001
Intensa (n = 8)	4.0^{b} ± 0.1	4.2^{ab} ± 0.1	4.3^{ab} ± 0.1	4.6^{a} ± 0.1	<0.001

*EEM, error estándar de la media. **Concentrado con pulido de arroz y pulpa de remolacha

En referencia al efecto de las covariables, el consumo de alimento extruido afectó ($p = 0.02$) como ya se mencionó al PV. Mientras que los consumos aparentes (g/kg MS) de PC, Ca y P tuvieron un efecto ($p < 0.05$) en las variables en estudio: PV, CC y cuello. Lo anterior es explicable porque la proteína, calcio y fósforo son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de los animales. Por otra parte, ni el consumo aparente de ED (Mcal/kg MS_{90}), ni el de FDN (g/kg MS_{90}) afectaron ($p > 0.05$) las variables estudiadas. Lo que indica que el consumo de ED fue preciso permitiendo que los caballos la utilizaran para su metabolismo y la realización de actividad física, principalmente. En este punto cabe señalar que el temperamento de los caballos no se alteró durante los meses que recibieron la alimentación con el extruido. Además, no se tuvieron reportes de cólico y/o laminitis atribuibles al consumo del extruido.

Conclusiones

El alimento extruido a base de pulido de arroz y pulpa de remolacha mejoró el estado físico: peso vivo, condición corporal, del cuello y tren posterior de caballos Cuarto de Milla en mantenimiento o bajo ejercicio físico ligero y moderado, lo que se explicó por su contenido de nutrientes (proteína cruda, calcio y fósforo). En el caso del ejercicio intenso es fundamental considerar que requieren más energía para su desempeño.

Referencias bibliográficas

1. Julliand, V. *et al.* (2006). Starch digestion in horses: The impact of feed processing. Livestock Science 100, 44-52.
2. National Research Council (2007). National Research Council Nutrient Requirenents of Horses.
3. Pagan, J D. (1998). Nutrient digestibility in horses. Advances in Equine Nutrition, 78-83.

INDUCCIÓN DE LA GLUCONEOGÉNESIS HEPÁTICA *IN VITRO* EN OVINOS MEDIANTE UN COMPUESTO NATURAL.

Vianey Pastrana-González[1] María Denisse Montoya-Flores[2], Laura Dávalos-González[1], Adriana González-Gallardo[1], Alfredo Varela- Echavarría[1], Ofelia Mora-Izaguirre[1]*

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

*Autor para correspondencia: ofemora66@unam.mx

Palabras clave: ovinos, gluconenogénsis, *in vitro*

Introducción

En los rumiantes la disponibilidad de glucosa es fundamental para la producción de leche y el crecimiento. A diferencia de los animales monogástricos, en los rumiantes gran parte de los carbohidratos dietarios se fermentan en el rumen, por lo que dependen de la síntesis de *novo* de glucosa para satisfacer sus requerimientos de energía; a través de la gluconeogénesis, utilizan precursores no glúcidos como el lactato, glicerol y propionato (principalmente) para sintetizar hasta el 80% de la glucosa que requiere el rumiante adulto (Aschenbach *et al*., 2010). Las alteraciones en la gluconeogénesis tendrán implicaciones directas en la salud, la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción de rumiantes. Por lo anterior, existe interés en explorar compuestos que actúen directamente sobre las vías de señalización intracelular responsables en el hepatocito del control de la gluconeogénesis y así, promover la liberación de glucosa de forma específica para beneficiar la productividad de los rumiantes. En esa búsqueda, los compuestos naturales han cobrado relevancia por su disponibilidad y su diversidad funcional. Entre ellos, la forskolina (FSK), un compuesto extraído de la raíz de la planta *Plectrantus barbatus* Andr., también conocido como boldo brasileño o boldo de la india, destaca por ser un potente activador de adenilato ciclasa (AC) responsable de aumentar la síntesis de adenosín monofosfato cíclico (AMPc), cuya acumulación conduce a la fosforilación de CREB (proteína de unión al elemento de respuesta a AMPc) en la Serina 133. Fosfo-CREB, se une a CRE (elemento de respuesta a AMPc) y PGC1-α, que reclutan a los coactivadores CBP (proteína de unión a CREB) y p300, que activan la transcripción génica de las enzimas clave de la gluconeogésis, a saber: fosfoenolpiruvato carboxiquinasa (PEPCK) y glucosa-6-fosfatasa (G6Pasa) (Bhatia *et al*., 2023). Se ha demostrado en estudios *in vitro* realizados en hepatocitos de animales monogástricos que la forskolina puede aumentar la expresión de los genes de las enzimas PEPCK y G6Pasa, así como la producción hepática de glucosa. Sin embargo, no se tienen reportes que evalúen este efecto específicamente en rumiantes, donde la glucocenogénesis juega un papel aún más importante.

Objetivo

Evaluar el efecto de la forskolina sobre la actividad de PEPCK y G6pasa y su expresión génica, así como la expresión del cofactor PGC1-α en explantes de hígado ovino *in vitro*.

Materiales y métodos

Los procedimientos experimentales con explantes de hígado ovino fueron aprobados por el Subcomité Institucional para el Cuidado y uso de Animales Experimentales (SICUAE) de la UNAM (SICUAE.MC-2024/3-6). El estudio se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional/FESC-UNAM ubicado en el Laboratorio A03 del Instituto de Neurobiología-UNAM, Juriquilla, Querétaro. Para determinar los tiempos de incubación y las concentraciones de forskolina del experimento, se realizaron ensayos MTT (bromuro de 3-[4,5-dimetiltiazol-2-il]-2,5 difenil tetrazolio) con explantes de hígado ovino. Las concentraciones de forskolina y los tiempos de incubación seleccionados a partir de los ensayos MTT fueron 0, 30, 60 y 90 µM y 0, 15, 60, 120 y 240 minutos, respectivamente. Posteriormente, se tomaron muestras de tejido hepático de cinco ovinos criollos clínicamente sanos, sacrificados en el rastro TIF-412 de Santiago de Querétaro, Querétaro. El tejido se almacenó en un tampón Krebs-Ringer (KRB) frío que se trasladó (4°C) al laboratorio en menos de 60 minutos. Bajo condiciones estériles, se cortó y pesó el tejido hepático (100-200 mg). Los explantes se depositaron dentro de insertos contenidos en placas de cultivo celular de 24 pozos, cada pozo contenía 1 mL del medio de incubación compuesto por KRB suplementado

con propionato (2.5 mM), glucagón (1 nM), penicilina (100 UI/mL), estreptomicina (100 µg/mL; Invitrogen Life Technologies, Carlsbad, CA), y la concentración correspondiente de forskolina. Se designaron dos pozos como réplicas técnicas para cada tratamiento de los ensayos enzimáticos de PEPCK y G6Pasa y para la extracción de ARN. Las incubaciones se realizaron a 37°C en atmósfera humidificada con 5 % de CO_2. Al finalizar el tiempo de incubación, las placas se retiraron de la incubadora y se recuperaron los explantes. El tejido destinado a la extracción de ARN fue almacenado en tubos Eppendorf de 1.5 mL que contenían solución RNAlater (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific) y conservado a −70 °C hasta su procesamiento. Para la determinación de la actividad enzimática de PEPCK y G6Pasa, los explantes fueron colocados en solución fría y procesados inmediatamente mediante homogeneización en hielo a 4 °C, utilizando un equipo IKA Ultra-Turrax T25 Basic. Después, las muestras se sonicaron a 4°C dos veces durante 30 segundos (posición 6, Branson Sonifier 150), intercalando un periodo de enfriamiento de 30 segundos. Las muestras fueron centrifugadas a 4°C durante 10 minutos (PEPCK) y 60 minutos (G6pasa) a 11,000 rpm. El sobrenadante recuperado se empleó para los ensayos enzimáticos y para la cuantificación de proteína por el método de Bradford. La medición de la actividad de ambas enzimas se realizó mediante reacciones colorimétricas acopladas: se utilizaron 10 µL del sobrenadante para determinación de la oxidación de $NADH+H^+$ (PEPCK), y 100 µL para la medición del fosfato inorgánico liberado (G6Pasa). El ARN total de los explantes se extrajo con Trizol siguiendo las instrucciones del fabricante (Invitrogen Life Technologies) y se transcribió en ADNc. Se cuantificó la concentración y pureza (relación 260:280) de las muestras de ARN en el espectrofotómetro NanoDrop 1000 (Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington, DE), y se comprobó su integridad utilizando electroforesis en gel de agarosa al 1%. La expresión relativa de ARNm de los genes de interés: *PEPCK*, *G6Pasa* y *PGC1-*α, se determinó después de la normalización con RPL13A (proteína ribosómica L13a) y PPIA (Peptidilproilasa isomerasa A/ciclofilina A) y los cambios relativos en la expresión génica se cuantificaron mediante el método $2^{-\Delta\Delta Ct}$. El diseño experimental corresponde a un diseño factorial completamente aleatorizado de 4 (concentraciones de forskolina) * 5 (tiempo de incubación). Las variables de interés se analizaron con un modelo lineal mixto utilizando el paquete estadístico SAS. El modelo incluyó al animal como efecto aleatorio, tiempo y tratamiento como efectos fijos y sus interacciones. El contraste de medias se realizó con la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p<0.05$.

Resultados y discusión

La incubación con FSK no afectó la viabilidad celular de los explantes de hígado ovino, ya que el porcentaje de viabilidad se mantuvo entre 74 % y 98 %, sin diferencias entre tratamientos ($p>0.05$). Estos resultados coinciden con estudios previos realizados en hepatocitos, en los que la exposición a FSK no indujo citotoxicidad (Ríos-Silva *et al*., 2014). Preservar la viabilidad celular bajo condiciones experimentales es esencial para interpretar de forma confiable los cambios en procesos como la gluconeogénesis. En rumiantes, la eficiencia de esta vía metabólica está regulada por la interacción entre hormonas (glucagón e insulina), sustratos (propionato, glicerol, lactato, piruvato y alanina), la expresión y actividad de enzimas clave como la PEPCK y la G6pasa. Además, factores de transcripción y cofactores como CREB y PGC1-α participan activamente en la regulación de esta vía. En este contexto, nuestros hallazgos indican que la incubación con FSK no indujo cambios en la actividad enzimática de PEPCK ($p>0.05$); sin embargo, se observó una tendencia a valores más altos con 30 y 60 µM de FSK a los 15 minutos de incubación. A nivel transcripcional, se detectó un aumento significativo en la expresión del ARNm de *PEPCK* en explantes incubados con 60 µM de FSK a los 15 minutos, y con 30 µM a los 60 minutos ($p<0.05$). Un patrón similar se observó para el ARNm de *PGC1-α*, cuya expresión incrementó significativamente con 30 µM de FSK a los 15 minutos ($p<0.05$). Por otra parte, la actividad enzimática de G6Pasa fue significativamente mayor con 30 y 60 µM de FSK en el tiempo 0 ($p<0.05$) lo que sugiere la activación de reservas enzimáticas preexistentes más que con una síntesis *de novo*. En cuanto a la expresión del ARNm de *G6Pasa*, se observó un incremento significativo con 60 y 90 µM de FSK en el tiempo 0, así como con 90µM a los 60 minutos y 30 µM a los 240 minutos ($p<0.05$).

Estos resultados sugieren una respuesta dependiente tanto de la concentración como del tiempo de exposición a FSK, posiblemente asociada a la regulación fina de estas enzimas clave en la gluconeogénesis hepática. Además, los resultados de expresión sugieren la activación temprana de la vía AMPc-PKA-CREB. Estudios realizados en hepatocitos primarios de rata mostraron que con 20 µM de FSK se incrementó la concentración de AMPc que se relacionó positivamente con la fosforilación de CREB y el aumento significativo de los niveles de expresión de ARNm de PEPCK y *G6Pasa* (Xie *et al*., 2018). Sin embargo, este efecto podría no mantenerse en todos los tiempos de incubación debido a la participación

de mecanismos de regulación postraduccional o de retroalimentación negativa en los que intervienen fosfodiesterasas (PDE), la actividad de la proteína quinasa inhibitoria (PKI), la proteína quinasa activada por AMP (AMPK) y receptores nucleares que modulan la actividad de CREB (Lee *et al*., 2010).

Conclusiones

En conjunto, estos resultados evidencian que la forskolina no compromete la viabilidad celular de los explantes de hígado ovino y es capaz de inducir la activación temprana de genes clave en la gluconeogénesis. La expresión del ARNm de PEPCK y *PGC1-α* mostró incrementos ($p<0.05$), con las concentraciones 30 y 60 µM de FSK lo que sugiere una respuesta transcripcional rápida posiblemente mediada por la vía AMPc–PKA–CREB. En contraste, la activación de *G6Pasa* requirió de la concentración más alta de FSK (90 µM) a un mayor tiempo de incubación (60 minutos), lo cual podría indicar un control diferencial para *G6Pasa*. No obstante, la activación transcripcional de estos genes no se tradujo en aumentos sostenidos de la actividad enzimática de PEPCK y G6pasa, lo que sugiere una posible participación de mecanismos postraduccionales que modulan su actividad. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que la forskolina puede regular a diferentes niveles los elementos de la vía gluconeogénica en rumiantes, y abren nuevas líneas de investigación para profundizar en los procesos que rigen el metabolismo hepático de estos animales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Dr. Haiku Daniel de Jesús Gómez Velázquez por el apoyo técnico prestado y al rastro TIF- 412 de Santiago de Querétaro por las facilidades para la recolección de las muestras. Este trabajo ha sido financiado por el Programa “Financiamiento para la Investigación de Mujeres Científicas” COMECYT (EDOMÉX-FICDDDTEM-84-2022). Vianey Pastrana-González recibió una beca de posgrado otorgada por la SECIHTI (CVU:1269206).

Referencias bibliográficas

1. Aschenbach JR, Kristensen NB, Donkin SS, Hammon HM, Penner GB. Gluconeogenesis in dairy cows: The secret of making sweet milk from sour dough. IUBMB Life 2010; *62*(12): 869-877. https://doi.org/10.1002/iub.400. Consultado 01 Ene, 2025.
2. Bhatia V, Maghsoudi S, Hinton M, Bhagirath A, Singh N, Jaggupilli A, *et al*. Characterization of Adenylyl Cyclase Isoform 6 Residues Interacting with Forskolin. Biology 2023; *12*(4): 572. https://doi.org/10.3390/biology12040572. Consultado 08 Ene, 2025.
3. Ríos SM, Trujillo X, Trujillo HB, Sánchez PE, Urzúa Z, Mancilla E, *et al*. Effect of chronic administration of forskolin on glycemia and oxidative stress in rats with and without experimental diabetes. Int J Med Sci 2014; *11*(5): 448-452. https://doi.org/10.7150/ijms.8034. Consultado 17 Jun, 2025.
4. Xie W, Ye Y, Feng Y, Xu T, Huang S, Shen J, *et al*. Linderane Suppresses Hepatic Gluconeogenesis by Inhibiting the cAMP/PKA/CREB Pathway Through Indirect Activation of PDE 3 via ERK/STAT3. Front Pharmacol 2018; 9: 476. https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00476. Consultado 18 Jun, 2025.
5. Lee JM, Seo WY, Song KH, Chanda D, Kim YD, Kim DK, *et al*. AMPK-dependent Repression of Hepatic Gluconeogenesis via Disruption of CREB·CRTC2 Complex by Orphan Nuclear Receptor Small Heterodimer Partner. J Biol Chem 2010; *285*(42): 32182-32191. https://doi.org/10.1074/jbc.M110.134890. Consultado 17 Jun, 2025.

RESPUESTA PRODUCTIVA Y FERMENTATIVA EN BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE SUPLEMENTADOS CON ACEITES VEGETALES: UN METAANÁLISIS.

Ulises Remo Cañaveral-Martínez[1]*, Fernando Xicoténcatl Plata-Pérez[1], Adrián Gloria-Trujillo[1], Nicolás Torres-Salado[2], Germán David Mendoza-Martínez[1]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, DCByS, DCA; [2]Universidad Autónoma de Guerrero, FMVZ-2.

*Autor por correspondencia: 2222801463@alumnos.xoc.uam.mx

Palabras clave. aceite vegetal, bovinos, metano entérico.

Introducción

A nivel mundial, la producción de carne de bovino se ha triplicado en las últimas décadas; sin embargo, no será suficiente para satisfacer la demanda hacia el año 205. Incrementar la eficiencia productiva de los bovinos, junto con la reducción del impacto ambiental de esta actividad, representa un desafío urgente, especialmente por las emisiones de metano entérico (CH_4). En este contexto, los aceites vegetales (AV) utilizados como aditivos han mostrado efectos positivos sobre la fermentación ruminal, al reducir protozoarios, favorecer la síntesis de propionato y disminuir la producción de CH_4 (1). No obstante, los resultados publicados han sido variables. Por ello, el objetivo del presente metaanálisis fue evaluar el impacto de la suplementación con aceites vegetales en bovinos de carne sobre el desempeño productivo, fermentación ruminal y producción de metano entérico.

Materiales y métodos

La búsqueda de literatura e integración de base de datos se basó en una revisión de alcance y metaanálisis, siguiendo las directrices de la declaración PRISMA-P 2020 (2). Se consultaron los repositorios PubMed, Scopus, Science Direct, CAB Abstracts y Web of Science. La estrategia de búsqueda utilizó la combinación de tesauros para población, intervención y resultado (bovine AND vegetable oils AND CO_2 OR CH_4 OR metabolic effect*)*. Se incluyeron estudios *in vivo* donde evaluaran a bovinos de razas o cruzas cárnicas suplementados con aceites vegetales (compuesto por ácidos grasos saturados de cadena media), que evaluaran la respuesta productiva, de fermentación y producción de CH_4. Se excluyeron artículos de revisión, estudios in vitro, duplicados, sin variables de interés, sin acceso completo o publicados en revistas predadoras. Se integró una base de datos con las variables respuesta, medias, desviación estándar (DS) y número de repeticiones por tratamiento (n). En los casos en que la DS no fue reportada, se calculó con la fórmula: $DS = EEM \times \sqrt{n}$, donde EEM representa el error estándar de la media de cada variable evaluada. Para el análisis estadístico del metaanálisis se realizó con el software R versión 4.3.3 y el paquete *metafor,* aplicando un modelo de efectos aleatorios. Se calculo la diferencia de medias estandarizada (DME) como medida del tamaño del efecto y las medias del control y la inclusión del aceite vegetal. La heterogeneidad se estimó mediante el método de DerSimonian-Laird, con la prueba Q ($\alpha = 0.01$) y el estadístico I^2; valores cercanos a 25% indican baja heterogeneidad, mientras que valores mayores a 50 % indican heterogeneidad significativa.

Resultados y discusión

La búsqueda electrónica inicial arrojó 274 artículos, de los cuales 237 fueron retenidos tras eliminar duplicados. Se excluyeron 173 por irrelevancia en el título, y 35 pasaron a evaluación por resumen. De estos, 32 fueron recuperados a texto completo y finalmente se seleccionaron 11 estudios para el metaanálisis. Los estudios integrados en el estudio provienen de siete países: Irlanda (36.4%), Estados Unidos (18.2%), Indonesia, Brasil, Australia-Vietnam, India y México (9.1% cada uno). El 90% de los ensayos se enfocaron en bovinos de carne y el 10 % en búfalos de agua. El aceite más utilizado fue el de coco (54.5%), seguido por palma (18.2%), y maíz, linaza y soya (9.1% cada uno). Las relaciones forraje/concentrado variaron entre 40/60 y 90/10. La dosis media de inclusión fue de 50.6 g/kg MS, con una desviación estándar de 29.1 g/kg MS. En cuanto a los efectos productivos (Cuadro 1), se observó una disminución significativa en el consumo de materia seca (CMS) de 1.31 kg/día en promedio (DME = -1.44, $p < 0.001$). La digestibilidad aparente de la MS mostró una tendencia al aumento (DME = 0.53, $p = 0.09$), mientras que la digestibilidad de MO y PC no se modificó significativamente ($p > 0.25$). La ganancia diaria de peso (GDP) no fue afectada (DME = 0.53, $p = 0.87$).

Cuadro 1. Efecto de la suplementación con AV sobre variables productivas en bovinos de carne

Variable	N	Media		DME	EE	95% IC		Valor de p	Heterogeneidad		
		Control	AV			Bajo	Alto		Q	Valor de p	I^2, %
Consumo, kg/d^{-1}											
Materia Seca	8	7.04	5.73	-1.44	0.428	-2.281	-0.602	<0.001	24.38	< 0.001	71.29
Materia Orgánica	3	4.41	4.01	-1.87	4.01	-19.11	15.36	0.686	15.52	< 0.001	87.12
Proteína Cruda	3	0.79	0.75	-1.4	1.33	-7.12	4.315	0.402	17.52	< 0.001	88.59
Digestibilidad Aparente, %											
Materia Seca	5	64.37	66.12	0.53	0.249	-0.154	1.23	0.097	2.44	0.655	0
Materia Orgánica	4	68.39	68.21	-0.31	0.658	-2.408	1.779	0.665	7.605	0.055	60.55
Proteína Cruda	4	63.15	68.8	0.893	0.627	-1.104	2.89	0.25	6.179	0.103	51.45
Productividad, kg/d^{-1}											
GDP	5	1.02	0.98	0.053	0.314	-0.819	0.925	0.874	8.52	0.074	53.05

Valor de p = diferencia estadísticamente $p \leq 0.05$; N = número de comparaciones; AV = aceite vegetal; DME = diferencia de media estandarizada; EE = error estándar; GDP = ganancia diaria de peso; IC = intervalo de confianza al 95 %; Q ($\alpha = 0.01$) = prueba para evaluar heterogeneidad entre estudios; I^2 = porcentaje de variabilidad atribuida a la heterogeneidad entre estudios.

Respecto a las variables fermentativas (Cuadro 2), la población de protozoarios ciliados disminuyó significativamente (DME = -1.65, p = 0.03). Se observó un aumento en la producción de ácido propiónico (DME = 1.73, p = 0.003) y una reducción en la producción de metano, tanto en litros por día (DME = -2.76, p = 0.007) como por kg de MS consumida (DME = -2.2, p < 0.001). El pH ruminal, la concentración de ácidos acético y butírico, el total de AGV, la relación acetato/propionato, la ingesta de energía neta y el porcentaje de pérdida de CH_4 respecto a la EN consumida no mostraron diferencias significativas (p > 0.06).

Cuadro 2. Efecto de la suplementación con AV sobre parámetros fermentativos en bovinos de carne

Variable	N	Media		DME	EE	95 % IC		Valor de p	Heterogeneidad		
		Control	AV			Bajo	Alto		Q	Valor de p	I^2, %
pH	3	6.51	6.44	-0.35	0.38	-1.11	0.40	0.36	1.53	0.46	0
Protozoarios Ciliados (10^5 mL^{-1})	4	6.13	1.6	-1.65	0.04	-2.99	-0.30	0.03	4.40	0.22	31.87
Ácidos Grasos Volátiles, (AGV) mol %											
Acético	3	62.37	61.73	-0.36	0.38	-1.11	0.38	0.34	0.12	0.94	0
Propiónico	3	18.17	19.68	1.73	0.57	0.59	2.86	0.003	15.46	< .001	87.07
Butírico	3	11.05	11.19	-0.57	0.80	-2.14	1.00	0.47	7.28	0.02	72.55
Total, de AGV	3	58.58	55.88	-1.27	1.11	-6.02	3.49	0.37	9.98	0.00	79.97
Relación Acetato/Propionato	3	3.68	3.23	-1.84	1.5	-4.08	0.40	0.11	10.21	0.00	80.4
Balance energético, MJ d^{-1}											
Consumo de Energía Neta (EN)	3	149.31	148.9	-0.4	0.95	-2.27	1.461	0.674	10.01	0.00	80.04
Perdida de energía											
Metano L/d $^{-1}$	8	205	150.8	-2.76	0.73	-4.49	-4.49	0.00	22.93	0.00	69.48
Metano L/kg CMS	8	26.87	21.26	-2.2	0.418	-3.02	-1.38	<0.00	19.70	0.00	64.47
Metano como ingesta de EN, %	5	6.94	5.09	-1.53	0.43	-2.38	-0.67	0.102	7.72	0.10	45.35

Valor de p = diferencia estadísticamente $p \leq 0.05$; pH = potencial de hidrógeno; N = número de comparaciones; AV = aceite vegetal; DME = diferencia de media estandarizada; EE = error estándar; IC = intervalo de confianza al 95 %; Q ($\alpha = 0.01$) = prueba para evaluar heterogeneidad entre estudios; I^2 = porcentaje de variabilidad atribuida a la heterogeneidad entre estudios.

La inclusión de aceites vegetales ejerce un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de protozoarios, posiblemente asociado con una menor disponibilidad de polisacáridos somáticos. Este fenómeno

concuerda con los hallazgos del presente metaanálisis, donde la población de protozoarios se redujo significativamente (−73.08%, Cuadro 2). Esta defaunación pudo haber favorecido un aumento en la síntesis de proteína microbiana y una disminución en la abundancia de arqueas metanogénicas (Lima et al., 2023). Aunque la ganancia diaria de peso no presentó cambios significativos (p = 0.874), la reducción en el consumo de materia seca (−1.31 kg/día) sugiere una mejora en la digestibilidad y, en consecuencia, en la eficiencia alimenticia. El aumento en la concentración de propionato podría explicarse por la disociación ruminal de triglicéridos en glicerol y ácidos grasos presentes en los aceites vegetales. El glicerol fue probablemente fermentado a propionato por bacterias lipolíticas o absorbido y utilizado como precursor gluconeogénico en el hígado. El propionato actúa sobre centros hipotalámicos de saciedad, regulando la ingestión de alimento, lo que podría explicar el menor consumo observado. Además, la hidrólisis ruminal de lípidos libera ácidos grasos no esterificados, galactosa y alcoholes aminados, estos últimos con efecto tóxico sobre ciertos grupos microbianos (3).Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por Yanza *et al.* (4), quienes observaron reducciones en CMS (DME = -0.072, p < 0.01) y aumentos en propionato (DME = 0.03, p = 0.06), atribuidos a la inclusión de grasa. De igual forma, Almeida *et al*. (5) reportaron reducciones de hasta 6.12% en CMS y de 13% en la digestibilidad de fibra con grasas saturadas de cadena media.

En conjunto, la modulación del perfil fermentativo y la disminución de protozoarios permitieron reducir en 26.43% la producción diaria de metano (L/día) y en 20.87% su producción relativa al CMS. Esta reducción se explica por el menor consumo de fibra y la menor generación de hidrógenos equivalentes, utilizados por arqueas metanogénicas vía hidrogenotrófica (1). Además, la menor abundancia de arqueas, facilitada por la ruptura de su asociación con protozoarios, contribuyó a la mitigación observada. Esto concuerda con los hallazgos de Almeida *et al*. (5), quienes reportaron que niveles de inclusión entre 2.85 y 6.2% reducen entre 12 y 20% la síntesis de CH_4 entérico.

Conclusiones

Los aceites vegetales saturados constituyen una herramienta funcional para modificar la fermentación ruminal hacia rutas más eficientes. Su inclusión estratégica mejora la eficiencia del sistema sin comprometer el desempeño animal. Este metaanálisis respalda su aplicación como alternativa sustentable en la producción de bovinos de carne

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, y al Doctorado en Ciencias Agropecuarias por el respaldo institucional. Al CONAHCYT por el apoyo otorgado al alumno con CVU 1007304. También se agradece a la Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Núm. 2, por su colaboración académica.

Fuentes financiadora

Este estudio no contó con financiamiento específico, dado su carácter de revisión bibliográfica y metaanálisis**.**

Referencias bibliográficas.

1. Honan, M., Feng, X., Tricarico, J.M. y Kebreab, E. (2021). Feed additives as a strategic approach to reduce enteric methane production in cattle: modes of action, effectiveness and safety. Animal Production Science, 62(14), 1303–1317. https://doi.org/10.1071/AN20295;
2. Page, M., J. McKenzie, P. Bossuyt, I. Boutron, T. Hoffmann, and C. Mulrow. 2021. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. . PLoS Med 18:1-15;
3. Yilmaz, K., and K. Kara. 2022. The effect of vegetable and animal oils added to different forages and concentrates on the in vitro fermentation parameters in ruminants. Journal of Applied Animal Research 50(1):548-559. doi: 10.1080/09712119.2022.2110502
4. Yanza, Y. R., M. Szumacher-Strabel, A. Jayanegara, A. M. Kasenta, M. Gao, H. Huang, A. K. Patra, E. Warzych, and A. Cieslak. 2021. The effects of dietary medium-chain fatty acids on ruminal methanogenesis and fermentation in vitro and in vivo: A meta-analysis. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) 105(5):874-889. doi: 10.1111/jpn.13367
5. Almeida, A. K., R. S. Hegarty, and A. Cowie. 2021. Meta-analysis quantifying the potential of dietary additives and rumen modifiers for methane mitigation in ruminant production systems. Anim Nutr 7(4):1219-1230. doi: 10.1016/j.aninu.2021.09.005

.

EFECTO DE UN SUPLEMENTO MINERALIZANTE SOBRE EL PESO VIVO, CONDICIÓN CORPORAL Y NIVELES DE CALCIO Y FÓSFORO EN CABRAS NULÍPARAS.

Belem DC. De Gracia-Aguilar[1], Oscar Ángel-García[2*], María F. García[1], Fernando Arellano-Rodríguez[3], Guadalupe Calderón-Leyva[3], Alan S. Alvarado-Espino [3], Julieta Z. Ordoñez-Morales [3], Leticia R. Gaytan-Alemán[4]

[1]Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAAAN UL, [2]Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, UAAAN UL, [3]Departamento de Producción Animal, UAAAN UL, [4]Departamento de Salubridad e Higiene, UAAAN UL.
*Autor para correspondencia: angelgarciao@hotmail.com

Palabras clave: homeostasis, calcio, fósforo, nulíparas.

Introducción

En las regiones áridas y semiáridas, la dieta de los pequeños rumiantes se fundamenta principalmente en el pastoreo libre y la ingesta de especies nativas de estas áreas, especialmente durante el periodo de sequía donde se reduce su calidad nutricional y consumo. La capacidad de adaptación de las cabras a climas cálidos está directamente vinculado a las necesidades nutricionales, es fundamental ir avanzando en la comprensión de los requerimientos nutricionales para ir optimizando los sistemas de alimentación y diseñar estrategias sostenibles que respalden la ganadería caprina frente al cambio climático (Teixeira, *et al.,* 2024). No obstante, a pesar de su capacidad de adaptación, necesitan componentes inorgánicos o minerales en su alimentación para su crecimiento, conservación, reproducción y supervivencia (Sakhniuk y Hotsuliak, 2023).

Los minerales constituyen elementos cruciales en la alimentación de los caprinos y ejercen un impacto significativo en su productividad, cuando la dieta no se equilibra adecuadamente o los animales se mantienen en áreas con suelos pobres en minerales, pueden surgir inconvenientes, que provocan indicadores de productividad bajos en el sistema e incluso pueden afectar la supervivencia del animal (Teixeira *et al*., 2024). Numerosos componentes inorgánicos resultan fundamentales para el crecimiento y reproducción adecuada de los animales, los macrominerales son aquellos que se necesitan en pequeñas cantidades, y este conjunto comprende el calcio (Ca), fósforo (P), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de un suplemento mineralizante sobre el peso vivo, condición corporal, niveles de Ca y P en cabras nulíparas bajo condiciones de pastoreo extensivo.

Materiales y métodos

Lugar de estudio, condiciones climáticas y manejo de las hembras.

El estudio se realizó durante el mes de junio durante la época de verano de 2025 en el Ejido San Nicolás, Mpio. De San Pedro, Coahuila el norte de México (25°42'47"N - 102°47' 36"O) bajo un sistema de producción extensivo. El lugar tiene una altitud de 1,094 msnm, con una precipitación media anual de 230 mm. La humedad relativa oscila entre 26 y 61 %; los rangos de fotoperiodo de 13 h 41 min. Durante el solsticio de verano (junio) a 10 h 19 min. Durante el solsticio de invierno (diciembre); una temperatura que oscila entre 6 °C en invierno y 37 °C en verano (CONAGUA 2015).

Se utilizaron 14 cabras nulíparas multirraciales (cruzas de diversas razas lecheras) divididas en 2 grupos n=7 c/u homogéneas, en cuanto peso vivo (PV; 37.9±1.4 kg) y condición corporal (CC; 2.4±0.1, unidades). Todas las cabras son pastoreadas de 9:00 am a 6:00 pm. Caminan aproximadamente 3 a 5 km diarios desde sus corrales de resguardo hasta la zona donde encuentran alimento disponible, y su alimentación se basa en pastoreo extensivo, principalmente de ramoneo de diferentes especies arbustivas, y durante el periodo de estudio consumían vaina de mezquites durante el pastoreo.

Tratamiento de hembras.

Las cabras se distribuyeron de manera totalmente aleatoria a uno de dos tratamientos: 1) cabras tratadas (GT; n=7) con 10 mL de un suplemento mineralizante (Hipofosfito de Magnesio 10 g, Cloruro de Calcio 3.3 g, Sulfato de Cobalto 0.2 g, Gluconato de Cobre 0.44 g, Yodo 0.375 g, Vitamina D 3,000,000 UI), y 2) cabras

tratadas (GC; n=8) con 5 mL de solución salina fisiológica. Todas las cabras recibieron dos dosis del suplemento mineralizante con intervalos de 7 días (0 y 7d) vía intramuscular.

Variables evaluadas

Peso vivo y condición corporal

El PV se determinó al inicio (Día 0) y al final (Día 14) del periodo de estudio, utilizando una báscula digital de plataforma (Torrey FS250) con una capacidad de 250 kg. Mientras que la CC se determinó al inicio (Día 0) y al final (Día14) mediante la técnica descrita por Walken-Brown (1994) donde 1; un animal muy flaco y 5; muy gordo, la cual consistió en la palpación y observación de diferentes áreas de la cabra para determinar el nivel de cobertura de grasa dorsal.

Determinación de Ca y P en suero sanguíneo

Se tomaron muestras de sangre (5 mL) mediante venopunción de la vena yugular con tubos vacutainer sin anticoagulante al día 0, 7 y 14 del periodo experimental. Las muestras de sangre fueron centrifugadas a 3500 rpm durante un tiempo de 15 minutos, separando el suero sanguíneo, el mismo que se almacenó en microtubos eppendorf de 2.5 mL y se almacenaron en refrigeración a 4° C hasta su análisis. Además, para evaluar parámetros de calcio (Ca) con el reactivo (Calcio 4x124 mL) y fósforo (P) con el reactivo (Fósforo de SEKISUI 1x100+1x25 mL), las mediciones bioquímicas se realizarán por métodos enzimáticos colorimétricos procesadas en el equipo de bioquímica sanguínea (HLab 100) en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento Modelo Lineal General (GLM). Las medias obtenidas de los parámetros de peso vivo, condición corporal, niveles de calcio y fosforo fueron comparadas usando una prueba de t-Student. Todos los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc. Cary. NC. USA, V9.1). Las diferencias fueron consideradas significativas a un valor de P≤0.05.

Resultados y discusión

El PV (38.5±1.0) y la CC (2.5±0.1) no mostraron diferencias estadísticas (P>0.05) entre tratamientos. Estos resultados son contrarios a los reportados por Elfer *et al*., (2015), quienes encontraron una mayor eficiencia en la ganancia diaria de PV en cabras jóvenes sin restricción de Ca. Es probable, que estos resultados, se deban a que las cabras utilizadas en este estudio no tuvieron deficiencias de Ca y P, además de vitamina D, así como una buena homeostasis, y en consecuencia un buen balance de Ca y P. En efecto, la interacción que existe entre el fosforo-calcio y vitamina D son esenciales para mantener la homeostasis y metabolismo del Ca y P en los animales a través de la absorción y reabsorción del tracto GI que es regulada por el metabolito activo como lo es calciferol (Sakhniuk y Hotsuliak, 2023). En consecuencia, el PV y la CC no se vieran afectadas de manera significativa por el tratamiento. Los niveles de Ca (40.6± 7.1) y P (5.8±0.9) no mostraron diferencia (P>0.05) para ambos tratamientos. Nuestros resultados coinciden con los resultados reportados por Abdelkader *et al.* (2021) quienes encontraron niveles elevados de Ca en cabras nulíparas, rebasando los niveles normales que van desde 8 a 12 mg/dL en cabras. Los resultados para los niveles de P consideramos que se encuentran dentro del rango, ya que se menciona que el nivel normal de P para rumiantes jóvenes en crecimiento va desde 6 a 8 mg/dL (Sakhniuk y Hotsuliak, 2023).

.

Conclusiones

Estos resultados demuestran que la complementación alimenticia con un suplemente mineralizante no afectó el PV, la CC, asi como, los niveles Ca y P en cabras nulíparas bajo condiciones de pastoreo. Podemos, concluir, que la suplementación mineralizante no influyó sobre el metabolismo del Ca y P en cabras nulíparas bajo condiciones de pastoreo. En futuras investigaciones se recomienda evaluar los niveles de minerales en la dieta, además del estado fisiólogo de los animales, así como otros metabolitos sanguíneos relacionados con la homeostasis y metabolismo del Ca y P.

Referencias bibliográficas

1. Abdelkader, B., Samia, M., & Akila, B. (2021). Variaciones de los parámetros bioquímicos con la estación, edad, sexo, paridad y preñez en cabras cruzadas criadas en Tiaret, Argelia. *Acta Scientifica Naturalis*, *8*(1).

.

2. Elfers, K., Wilkens, M. R., Breves, G., & Muscher-Banse, A. S. (2015). Modulation of intestinal calcium and phosphate transport in young goats fed a nitrogen-and/or calcium-reduced diet. *British Journal of Nutrition*, *114*(12), 1949-1964.
3. Sakhniuk, V., & Hotsuliak, M. (2023). Metabolismo de la vitamina D, calcio y fósforo y sus trastornos en cabras. Agric Food Sci, 2(184), 159-72.
4. Teixeira, I.A.M.A., Härter, C. J., Vargas, J. A. C., Souza, A. P., y Fernández, M. H. M. R. (2024). Review: Update of nutritional requirements of goats for growth and pregnancy in hot environments. Animals. 18, 1751-7311.
5. Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Norton, B. W., Scaramuzzi, R. J., & Martin, G. B. (1994). Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Reproduction*, *102*(2), 351-360.

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON GARAMBULLO (*Myrtillocactus Geometrizans*) SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE CONEJOS DOMESTICOS EN FINALIZACIÓN (*Oryctolagus cuniculus*).

Anayeli Vázquez Valladolid[1*], Juan Francisco López Rodriguez[3], Ingrid Anyul Navarro Perez[1], Daniel Escobedo Vazquez[1], Othoniel H. Aragón Martinez[3], Héctor Aarón Lee-Rangel[12]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP; [2]Centro de Biociencias, UASLP; [3]Facultad de Medicina, UASLP.

*Autor para correspondencia: anayeli.vazquez@uaslp.mx

Introducción

El garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) es un cactus arbustivo endémico de las zonas áridas y semiáridas de México, especialmente común en estados como Hidalgo, Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí; su fruto, una baya redonda de color morado oscuro a negro cuando madura, ha sido tradicionalmente consumido por comunidades rurales tanto en fresco como en preparaciones artesanales (González-Nava, 2010). Estudios recientes han demostrado que este fruto posee un alto contenido de antioxidantes, como antocianinas y flavonoides, además de fibra dietética, vitamina C, minerales (calcio, magnesio y potasio) y una cantidad moderada de carbohidratos de absorción lenta (Ramírez-Moreno *et al*., 2025).

En la alimentación animal, el garambullo ha sido escasamente estudiado, sin embargo, su perfil fitoquímico y nutricional sugiere un potencial uso como ingrediente funcional (Sanchez-Recillas, 2021). Se ha propuesto que pudiese mejorar la salud intestinal, fortalecer el sistema inmunológico y actuar como prebiótico natural, contribuyendo a un microbioma equilibrado en especies monogástricas como los conejos (Monteiro *et al*., 2023). Además, al tratarse de un recurso regional, su aprovechamiento podría representar una estrategia sustentable y de bajo costo, especialmente útil para pequeños productores en zonas semiáridas.

Por otro lado, los conejos domésticos (*Oryctolagus cuniculus*), criados para carne tienen requerimientos dietéticos específicos, destacando la necesidad de dietas con alto contenido en fibra digestible, proteína de buena calidad, así como un adecuado equilibrio energético. Su sistema digestivo, adaptado al consumo de material fibroso, se beneficia del consumo de ingredientes ricos en fibra soluble e insoluble (Gidenne *et al*., 2022). Adicionalmente, factores como la conversión alimenticia, tasa de crecimiento y salud gastrointestinal son altamente sensibles a la composición de la dieta, lo que hace esencial explorar nuevas fuentes vegetales que puedan complementar o sustituir ingredientes convencionales como alfalfa, cereales o subproductos agroindustriales (De Blas, 2013).

El uso del garambullo como suplemento en la dieta de conejos podría tener con beneficios potenciales tanto productivos como ecológicos. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el contenido nutrimental del garambullo y el efecto de la suplementación sobre variables productivas, rendimiento en canal y capacidad antioxidante de carne de conejos en finalización.

Materiales y métodos

Se realizó una caracterización nutrimental del garambullo mediante análisis bromatológicos (AOAC, 2016; Van Soest *et al*., 1991) donde se determinó humedad, proteína, grasa, fibra detergente neutro y acido y cenizas como porcentaje de materia seca; también, se realizan análisis para determinar compuestos o metabolitos secundarios mediante HPLC (Agilent serie 1100 con detector de arreglo de diodos) siguiendo la metodología descrita por Seal (2016).

Veinticuatro conejos machos cruza california x nueva Zelanda de 35 ± 8 días de edad (peso corporal inicial [PC] 1112 g ± 207.5 g) los cuales fueron asignados a uno de los siguientes tres tratamientos: a) control (alimento comercial Albapesa®; n=8) (TEST); b) alimento comercial Albapesa® + 1 gramo de garambullo fresco/conejo/d (n = 8) (1GBLL); y, c) alimento comercial Albapesa® + 2 gramos de garambullo fresco/conejo/d (n = 8) (2GBLL). Los conejos fueron alojados en jaulas individuales equipadas con comedero y bebedero. El garambullo fue ofrecido individualmente todos los días a las 8:00 horas previo a servir el alimento por la mañana. Al inicio del experimento los animales se pesaron, así como al finalizar el periodo de este (40 días) para calcular las ganancias de peso, todos los días se registró el alimento ofrecido

y rechazado para obtener el consumo voluntario de alimento. Al finalizar la fase productiva los conejos fueron pesados y sacrificados siguiendo la NOM-033-SAG/ZOO-2014 de esta manera se calculó el rendimiento en canal, también se obtuvieron 150 g de carne para analizar la capacidad antioxidante total (TAC, Aragón-Martinez *et al*. 2024; Li *et al*. 2024). Los resultados se analizaron mediante un Diseño Completamente Aleatorizado se realizaron contrastes polinomiales para verificar efectos lineales y cuadráticos tomando un α=0.05.

Resultados y discusión

La determinación de la composición química de un alimento es un método rutinario, rápido y económico utilizado para estimar su valor nutritivo. Esta se basa en la relación entre los componentes químicos analizados y la calidad del alimento (Van Soest, 1982). Los resultados del análisis químico indicaron que el garambullo tiene un contenido nutrimental similar a algunos ingredientes utilizados en la alimentación animal (Cuadro 1) (Church & Pond, 1988). Se encontró que contiene buena cantidad de flavonoides los cuales tiene efectos nutraceuticos en el organismo; de acuerdo con The Nutraceuticals Research Institute, los nutracéuticos (conocidos comúnmente como fitoquímicos o alimentos funcionales) son compuestos químicos bioactivos naturales con propiedades medicinales, que promueven la salud o previenen enfermedades (Wildman, 2000). Estos tienen propiedades antioxidantes, habilidad para atrapar radicales libres, quelatar metales pesados y modular la actividad de ciertas enzimas, y además se ha observado que los flavonoides poseen propiedades anticancerígenas, cardiotónicas, antitrombóticas, vasculares, que disminuyen el colesterol y contribuyen a la protección del hígado, entre otras (Robards *et al*., 1999).

Cuadro 1. Caracterización nutrimental y compuestos secundarios encontrados en garambullo

Nutrientes, % de Materia Seca		Metabolitos Secundarios, µg/g	
Materia Seca	34.82	Ácido Ascórbico	63.5
Proteína Cruda	5.96	Ácido Gentísico	105.3
Extracto Etéreo	2.08	Acido p-Cumárico	8.3
Fibra Detergente Neutro	2.81	Rutina	19.6
		Ácido Sinápico	16.7
		Kaempferol	7.2

La ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia tuvieron una respuesta cuadrática (p≥0.05) a la suplementación con garambullo. El peso final fue superior (p≥0.05) en el tratamiento TEST respecto a los grupos suplementados con garambullo (Cuadro 2). En la respuesta productiva se debe tomar en cuenta que existen factores que no se estudiaron como excreciones biliares, cambios en microbiota y como consecuencia en la absorción de nutrientes.

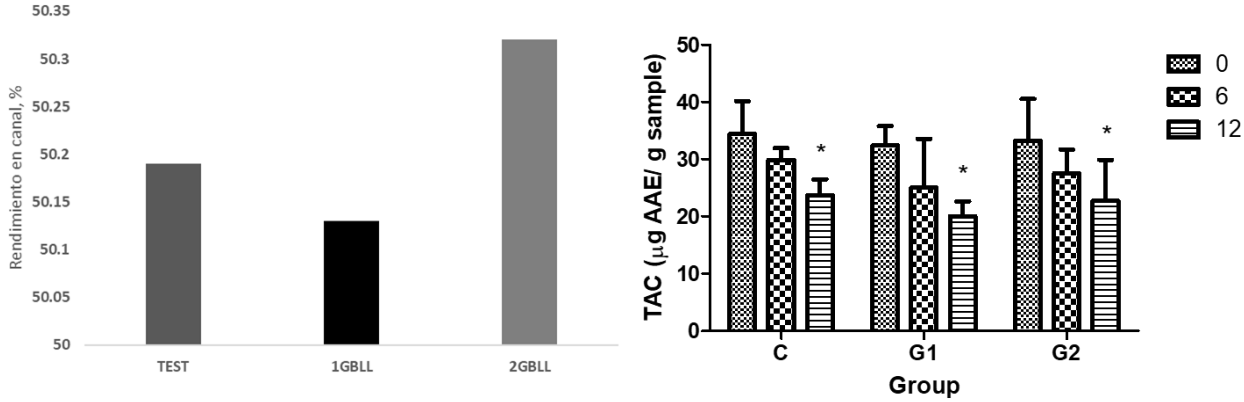
Cuadro 2. Efecto de la suplementación con garambullo sobre parámetros productivos y de crecimiento en conejos de engorda

	TEST	1GBLL	2GBLL	I	C	EEM
Peso Inicial, g	1059.2	1072.6	902.3	0.13	0.30	70.7
Peso Final, g	2492.5^{b}	2351.4^{ab}	2231.5^{a}	0.41	0.34	73.1
Ganancia Diaria de Peso, g	35.8	31.9	33.2	0.43	0.01	1.58
Consumo Voluntario de Alimento, g	124.5	112	106.9	0.19	0.40	5.55
Conversión Alimenticia	3.4	3.5	3.2	0.31	0.05	0.17

^{a,b,c} Diferentes literales indican diferencias significativas mediante Tukey test (p < 0.05); EEM, Error Estándar de la Media; I=Efector lineal; C= Efecto cuadrático.

El rendimiento en canal (figura 1) no presenta diferencias significativas (p≥0.05) entre tratamientos, a pesar de que el grupo TEST presenta mejores ganancias de peso y conversión alimenticia esto no se refleja en el rendimiento en canal respecto a los tratamientos 1GBLL y 2GBLL el promedio de los rendimientos de canal fue de 50.2%. Acosta (2016) menciona que estos rendimientos son adecuados para animales con alimentación comercial; sin embargo, Sharma *et al*., (2016), mencionan que la productividad en términos de rendimiento se puede ver afectada por el uso de probióticos, algunas de las sustancias que contiene el garambullo pueden tener un efecto similar a los probióticos.

Figura 1. a) Rendimiento en canal de conejos suplementados con garambullo; y, b) capacidad antioxidante total en carne de conejo a 0, 6 y 12 días.



A pesar de que se encontró que el garambullo contiene un importante contenido de fenoles, polifenoles y flavonoides no se observa que estos mejoren la capacidad oxidativa de la carne, al contrario, la capacidad oxidativa total disminuye linealmente ($p \geq 0.05$) en la carne de los animales suplementados con garambullo. Los flavonoides se consideran agentes antimicrobianos y antioxidantes los cuales pueden incrementar la actividad de la vitamina C, que actúa como antioxidante (El-Sabrout *et al*., 2023).

Conclusiones

La suplementación con garambullo no muestra efectos adversos productivamente, así como tampoco mejora la capacidad oxidativa de la carne, aunque se debe estudiar el efecto en la salud de los animales.

Referencias bibliográficas

1. Acosta CI. (2016). Evaluación de parámetros productivos y calidad de la canal en conejos de engorda alimentados con bloques nutricionales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Tulancingo, Estado de Hidalgo. pp 58.
2. De Blas, J. C. (2013). Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. Animal, 7(s1), 102-111.
3. El-Sabrout, K.; Khalifah, A.; Ciani, F. Current Applications and Trends in Rabbit Nutraceuticals. Agriculture 2023, 13, 1424. https://doi.org/10.3390/agriculture13071424
4. Monteiro, S. S., Almeida, R. L., Santos, N. C., Pereira, E. M., Silva, A. P., Oliveira, H. M. L., & Pasquali, M. A. d. B. (2023). New Functional Foods with Cactus Components: Sustainable Perspectives and Future Trends. Foods, 12(13), 2494. https://doi.org/10.3390/foods12132494
5. Sharma KG, Vidyarthi VK, Archana K, Zuyie R. 2016. Probiotic supplementation in the diet of rabbits. A review. Livestock Research International. 4:1-10.

EFECTO DE FITOGENICOS SOBRE DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y RENTABILIDAD EN CORDEROS ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE PULIDO DE ARROZ Y PASTA DE COCO.

Jesús Manuel Cortéz-Sánchez,[1*] Claudia Leticia Morales-Evangelista,[2] Lorena Raquel Valtierra Torres[1]

[1]Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, FMVZ – UNAM. [2]BUAP - FMVZ

Autor para correspondencia manuelcortez@fmvz.unam.mx

Palabras clave: aditivos, aceites esenciales.

Introducción

En México la producción ovina no abastece el mercado nacional, lo que obliga a importar grandes cantidades de borrego de desecho, esto implica que cada borrega en nuestro país produce apenas de 10 a 15 kg de carne al año, aunado a que la engorda de corderos se realiza en la zona centro, donde la base de la alimentación son esquilmos agrícolas, excretas de aves, cereales y subproductos. Una estrategia para hacer frente ante tal situación es la elaboración de raciones nutricionalmente balanceadas y de buen costo, que permitan reducir el tiempo de engorda y mejor respuesta productiva, y es aquí donde los subproductos de la industria son la clave. En Morelos resulta de interés elaborar concentrados con insumos regionales que sustituyan la fuente energética que proporcionan los granos (maíz - sorgo), estos reducirán el costo de la ración sin deterioro de la calidad del alimento, por ejemplo la siembra de las variedades de arroz del estado de Morelos (Morelos A-92, A-98 y A2010) generan un sin número de subproductos entre los que se encuentra el pulido de arroz, constituido por pericarpio, tegumento, aleurona, embrión y parte del endospermo, es rico en proteína, grasa y contiene una apreciable cantidad de minerales y vitaminas, con un contenido elevado de fibra. Otro producto de interés en la zona es el coco del cual se extrae el aceite contenido en la copra y el residuo generado es llamado pasta de copra, la que resulta ser un ingrediente agradable a los animales por su olor y con un contenido de proteína de 18-22%; si a estos les adicionamos aditivos fitogénicos como los aceites esenciales mejoramos la digestión pues establecen un equilibrio y control de la flora microbiana, lo que aumenta la regulación del metabolismo gastrointestinal e impiden la aparición de disbiosis al acelerar la eliminación, mejorando la capacidad de absorción de los nutrientes e impidiendo la unión de los microorganismos a la superficie intestinal.

Objetivos

Determinar el efecto de la combinación de fitogenicos + pasta de coco + pulido de arroz, sobre parámetros productivos y costos de producción.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una granja particular en Jiutepec, Morelos, ubicada geográficamente entre los paralelos 18° 53' de latitud norte y 99° 10' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 1.350 msnm. Se utilizaron 48 borregos Dorper x Pelibuey x Katahdin, de 2 meses de edad (destete) y peso promedio de 18 ± 0.5 kg distribuidos al azar por peso a dos tratamientos a fin de evaluar el efecto de la inclusión de fitogénicos® pasta de coco y pulido de arroz a su ración. Asu vez los animales fueron divididos en grupos de tres a fin de tener 8 repeticiones por tratamiento; cada corraleta media 4m de ancho x 9m de largo, contaba con área de sombra y sol, piso de tierra y estaba equipada con comedero de tolva, bebedero y saladeros. El estudio se realizó en la época de primavera-verano. Los animales se engordaron por 90 días, su peso se registró al inicio del experimento y cada quince días a fin de ajustar la dieta a su peso, el consumo de alimento se registró diariamente pesando lo ofrecido y el sobrante por corral. Cabe aclarar que para el estudio las dietas fueron isoproteícas e isoenergéticas. Los parámetros analizados se evaluaron mediante una prueba de T bajo el paquete estadístico SAS. El análisis de costo por efecto alimento se realizó bajo la metodología de cálculo de costos propuesta por el departamento de economía y desarrollo rural de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM.

.

Resultados

En consumo de alimento no se encontró significancia por lo que se puede decir que el uso de fitogenicos no influye en consumo (figura 1); sin embargo, si genero efecto significativo sobre ganancia de peso ($P<0.05$) al ser 7.54% superior a la dieta testigo, lo que indica que cada animal fue 2.48kg mayor (figura 2). La conversión alimenticia resulto ser de 4.51 en testigo vs 4.29 para fitogénicos sin significancia ($P>0.05$).

Figura 1. Efecto del uso de fitogenicos sobre consumo de alimento en corderos en engorda

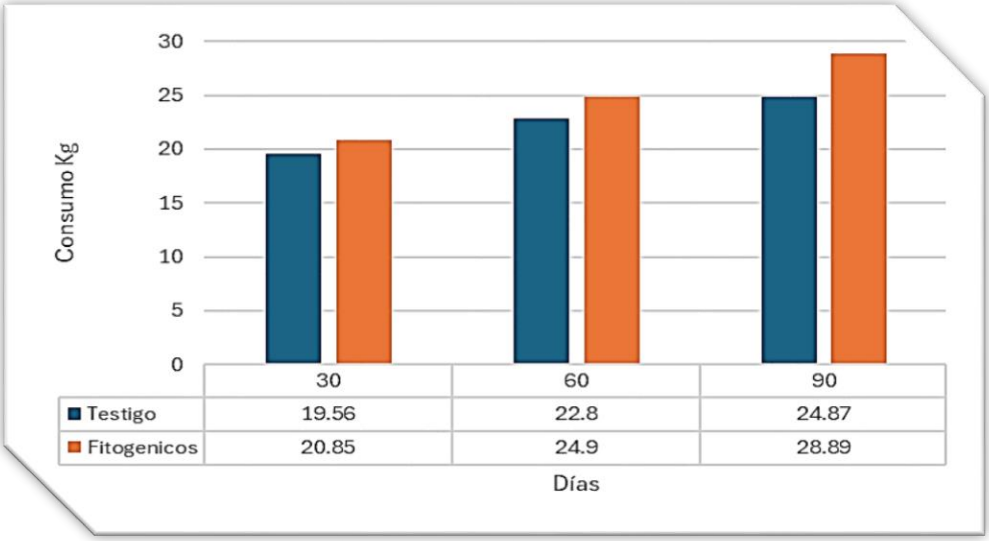
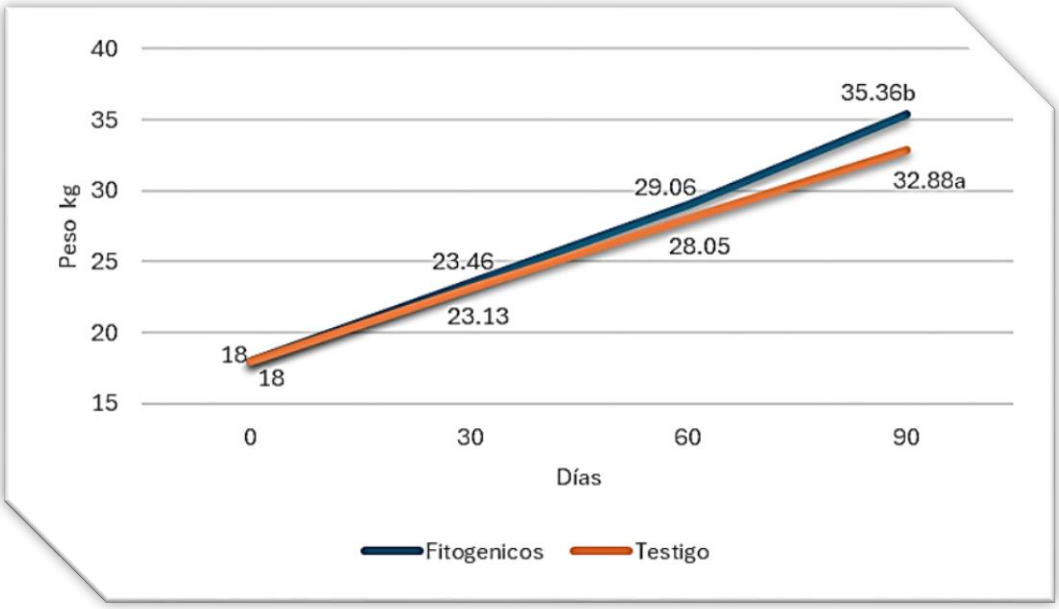


Figura 2. Efecto del uso de fitogenicos sobre ganancia de peso en corderos en engorda



La inclusión de fitogénicos incrementando el costo del kg de alimento en $0.21 lo que representa un gasto adicional por cordero de $15.67 sin embargo cada cordero supero por 2.48Kg y al ser vendidos a $90 kg me da un ingreso de $223.20 menos $15.67 por el uso del fitogenico, el beneficio económico por cordero será de $207.53

Discusión

Al ser utilizado el mismo producto en un estudio en cerdos de destete Figueroa *et. al. (2006),* Dorantes (2022) reportan menor respuesta en ganancia diaria de peso cuando la dieta contenía extracto de plantas vs extracto de plantas, aceites y antibiótico, factor que limita su estudio pues el uso de antibióticos vía dieta tiene efecto directo sobre microorganismos. Sin embargo, Pacheco *et. al*. (2010) estudio el uso de *Macleaya cordata* en sustitución de antibióticos en cerdos de destete y encontró efecto por el uso de estos a los 28 días de prueba. La falta de respuesta significativa en cuanto a consumo pudo ser causa de un sin número de efectos, siendo uno de ellos y el más relevante la vida de anaquel del producto comercial, pues el efecto del Fitogénico pudo verse afectado por el procesamiento y almacenamiento de la dieta misma, tal y como lo refiere Ozuna (2024). Además, si tomamos en cuenta que el Fitogénico al ser mezclado con el resto de los ingredientes pudo generar una interacción entre los mismos y no manifestar la respuesta que se buscaba; por tanto, esta sea la razón que los fitogénicos no siempre reportan un beneficio sobre consumo, tal y como refiere Helvoirt G. and Dijk A (2009).

Conclusión

El uso de fitogénicos tiene efecto sobre ganancia de peso e incrementa el beneficio económico con el uso de ingredientes alternativos como pasta de coco y pulido de arroz

Referencias bibliográficas

1. Dorantes-Iturbide G, Orzuna-Orzuna JF, Lara-Bueno A, Mendoza-Martínez GD, MirandaRomero LA y Lee-Rangel HA. 2022. Essential oils as a dietary additive for small ruminants: A meta-analysis on performance, rumen parameters, serum metabolites, and product quality. Veterinary Sciences 9:475.
2. IICA-COFUPRO. Innovación para aumentar la productividad del Sistema Producto Arroz en Morelos: Unión de Sociedades de Producción Rural “Arroceros del Oriente de Morelos”. Fundación Produce México 2010.
3. Orzuna-Orzuna José Felipe (2024). Beneficios de los aceites esenciales como aditivo para rumiantes. Bioagrociencias Volumen 17, Número 2
4. Pacheco GMA (2010). Efecto del uso de nutracéuticos en sustitución de antibiótico y minerales sobre parámetros productivos de cerdos al destete. Tesis de licenciatura, Facultad de medicina veterinaria y zootecnia UNAM
5. SAGARPA. Producción Anual Pecuaria en México. Centro de Estadística Agropecuaria, México 2011.
6. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación: Declaración General de la Protección de la Denominación de Origen "Arroz del Estado de Morelos". 2012.
7. SIAP–SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Resumen Nacional. Población Ganadera Ovina 1999–2008. [Serie en línea: 2010 oct] [Citado: 2011 jun 25]

EFECTO DE FRUCTANOS DE AGAVE *(Variedad salmiana),* SOBRE PH INTESTINAL Y PRESENCIA DE BACTERIAS EN EXCREMENTO DE CERDOS DE DESTETE.

María Guadalupe Cristóbal-Hernández[1], Cesar Castro-De la Mora[2], Claudia Mendoza-Camacho[2], Daniel Ortega-Alvarez,[2] Jesús Manuel Cortéz-Sánchez[1*]

[1]Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina, [2]Layan Biotic Solutions.

*Autor para correspondencia manuelcortez@fmvz.unam.mx

Palabras clave: destete, prebióticos, fructanos

Introducción
El destete es la etapa más crítica en la vida de un cerdo; este genera estrés y desequilibra la microbiota intestinal, lo que justifica el uso de antibióticos en sus dietas; no obstante, el uso desmedido de los mismos ha traído como consecuencia la presencia de cepas patógenas resistentes obligando a su prohibición. Una alternativa al uso de estos, son los prebióticos que, al ser un sustrato para los microorganismos a nivel intestinal le confieren cierto beneficio, pues estimulan selectivamente bacterias a través de alimentación cruzada, en la cual utilizan metabolitos producidos por otras que usan como fuente de energía. El uso de fructanos de agave en estudios *in vitro* demostró que su fermentación genera aumento en el número de bifidobacterias y lactobacillus pues al tener enlaces β2-1 y β2-6 pasan íntegros a colón donde son fermentados y provocan un incremento en la producción de ácidos grasos de cadena corta. El efecto del fructano de agave es indirecto y están mediados por la colonización del tracto digestivo por lo que estimulan especies nativas y cepas probióticas que al ser un sustrato favorecen su proliferación y causan disminución del pH y estabilizan el microbioma intestinal. Por tanto, los fructanos constituyen una alternativa de alimentación en cerdos de destete.

Objetivos
Probar el efecto de la inclusión de fructanos de agave en dietas para cerdos en destete, sobre el pH intestinal y conocer la presencia de bacterias mediante el cultivo de heces.

Materiales y métodos
El estudio, se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina de la FMVZ-UNAM. Se utilizaron 135 lechones híbridos (Yorkshire-Landrace x Pietrain/Berkshire) destetados de 19.63 ± 0.43 días de vida con un peso promedio de 6.45 ± 0.67kg y distribuidos en bloques al azar por peso a 3 tratamientos con 9 repeticiones de 5 animales cada uno. Cada corraleta se equipó con comedero de tolva de cinco bocas, bebedero de tetina y criadoras de gas como sistema de calefacción, La ventilación se realizó de manera manual mediante un sistema de cortinas. Se ofrecieron dietas isoproteícas e isoenergéticas en tres fases formuladas de acuerdo con NRC 2012 donde se incluyó fructanos de agave al 0, 0,25% y 0.50% La dieta se ofreció a lectura de comedero de forma poco y frecuente. Al término del estudio se sacrificó 1 animal por corraleta. El método de eutanasia se realizó por electro insensibilización del animal, dentro de los próximos 20 segundos se comprobó la pérdida de la sensibilidad y se realizó el degüelle para la muerte de este. Una vez muerto se procedió al eviscerado y expuesto el aparato digestivo se fracciono por secciones y se tomaron 4g de contenido intestinal (CI) de colón, con ayuda de un abatelenguas; estos fueron colocados en un tubo de plástico con capacidad de 10 ml y mantenidos en refrigeración de 4 a 8°C posteriormente se enviaron al laboratorio de Infectología del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán". EL CI fue pesado y alicuotado para la determinación de UFC de bacterias del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, así como enterobacterias. Se realizaron diluciones decuples seriadas, fueron homogenizadas y se sembraron en los medios de cultivo que se mencionan a continuación: El medio MRS fue usado para el cultivo de Lactobacillus, el medio de TOS-Propionato con mupirocina para el cultivo de Bifidobacterias y el medio MacConkey para el cultivo de Enterobacterias. Posteriormente fueron incubados en anaerobiosis a 37°C durante 48 a 72 horas, para posteriormente realizar el conteo. Para determinar pH, las muestras del CI de ciego y colon se mezclaron con agua ultra pura en una proporción 1:2 haciendo la medición con un potenciómetro. Se utilizó un análisis

de varianza para un diseño de bloques completos al azar (α =0.05). La diferencia entre las medias se corroborará mediante la prueba de Tukey.

Resultados

La inclusión de fructanos de agave genero efecto significativo ($p<0.05$) sobre el pH intestinal para las secciones de duodeno, yeyuno y ciego. El incremento en pH para duodeno represento 4.78% y 12.48% en yeyuno 12.93% y 14.97%, y en ciego 1.30% y 2.78% para los tratamientos 2 y 3 respecto al testigo. En el resto de las secciones no se observó significancia ($p>0.05$), como se observa en la figura 1.

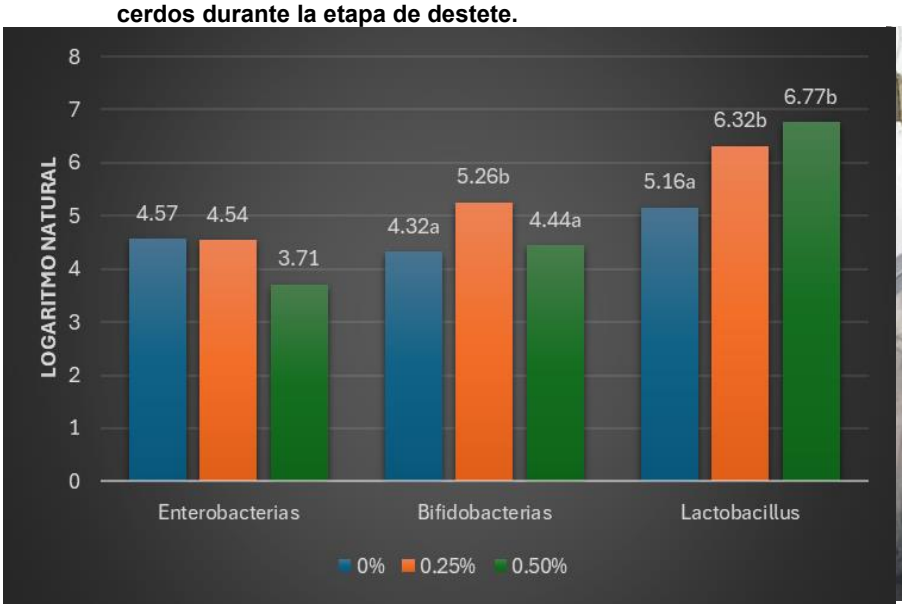


Figura 1. Efecto de la inclusión de fructanos de agave sobre pH intestinal de cerdos durante la etapa de destete.

	Fructanos de agave		
	0	0.25%	0.50%
Duodeno	5.85ª	6.128a	6.583b
Yeyuno	5.405ª	6.105b	6.223b
Íleon	5.66	6.54	6.28
Ciego	5.39ª	5.458b	5.535c
Colón	5.73	5.90	5.73
Recto	6.15	6.31	6.15

La carga bacteriana a nivel colon no resulto significativa para las fracciones de enterobacterias ($P>0.05$), pero si para bifidobacterias y lactobacillus ($P<0.05$), tal y como se observa en las figuras 2.

Figura 2. Efecto de la inclusión de fructanos de agave sobre Microbiota de cerdos durante la etapa de destete.





Discusión

Con base en lo observado por Abdel-Fattah *et al*. (2008); Jia *et al.* (2010); Heo et al. (2014) el pH intestinal es indicativo de actividad microbiana y ha sido usado como un indicativo de la salud intestinal en cerdos, ya que un pH bajo es favorable para el crecimiento de probióticos, tal como se observó en este trabajo donde hubo un incremento en la cantidad de lactobacilos y bifidobacterias ($p<0.05$). Ushida et al. (1998) observaron que un pH por debajo de 6.0 favorece la producción de ácido láctico, parámetro observado tanto a nivel de ciego como en colon. el cambio en el pH a nivel de ciego y colon puede asociarse a lo observado por Moreira dos Anjos et al. (2019), donde al aumentar la cantidad de β-glucanos, glucomananos y mananoligosacáridos el pH del intestino grueso aumentaba ($p>0.05$). el uso de prebióticos en esta etapa ayudan a minorar esos desbalances, y con base a lo obtenido en este trabajo se puede observar que los fructanos de agave en efecto demostraron tener un efecto prebiótico al incrementar la población de bifidobacterias ($p<0.05$) y favorecer el desempeño productivo, situación que se respalda con diversas investigaciones previas donde se realizaron estudios *in vitro* e *in vivo* Allsopp *et al.* (2018); Márquez-Aguirre *et al.* (2016); Urías-Silvas *et al.* (2008), demostrando tener una amplia gama de efectos en la salud. Además, Castillo-Andrade (2018) demostró de igual forma que los fructanos de agave poseen este efecto, y que incluso se cree que las bacterias del colon fermentan mejor este tipo de fructanos, situación que se observó en este estudio.

Conclusión

La inclusión de fructanos de agave en dietas de cerdos de destete incrementa la cantidad de bifidobacterias y lactobacillus a nivel de colon, además de mantener un pH acido a nivel tracto gastrointestinal

Agradecimientos

Se agradece a las empresas Best Ground International S.A DE C.V., e “Industrializadora de Fructanos Tierra Blanca, S.A. DE C.V. todas las facilidades para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas

1. Abdel-Fattah SA, El-Sanhoury MH, El-Mednay NM, Abdel-Azeem F. Thyroid activity, some blood constituents, organs morphology and performance of broiler chicks fed supplemental organic acids. Int. J. of Pou. Sci. 2008: 7, 215–222.
2. Heo JM, Opapeju FO, Pluske JR, Kim JC, Hampson DJ, Nyachoti CM. Gastrointestinal health and function in weaned pig: A review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 2013; 97: 207-237.
3. Jia G, Yan JY, Cai JY, Wang KN. Effects of encapsulated and non-encapsulated compound acidifiers on gastrointestinal pH and intestinal morphology and function in weaning piglets. J. of Anim. and Feed Sci. 2010: 19, 81–92
4. Moreira dos Anjos CM, Dias GF, Moreira dos Anjos C, Souza RV, Castro ESD, Bezerra AI, Lessa SF, Oliveira CPL, Meneghetti C, Batista CL. Effects of dietary beta-glucans, glucomannans and mannan oligosaccharides or chlorohydroxyquinoline on the performance, diarrhea, hematological parameters, organ weight and intestinal health of weanling pigs. Liv Sci. 2019; 223: 39-46.
5. Urías-Silvas JE, Cani PD, Delmee E, Neyrinck A, Mercedes G, López MG, Delzenne NM, Physiological effects of dietary fructans extracted from *Agave tequilana* Gto. and *Dasylirion spp.* Brit J Nutr. 2008; 99: 254-261.
6. Ushida K, Sakata T. Effect of pH on oligosaccharide fermentation by porcine cecal digesta. Anim Feed Sci Technol. 1998; 69: 100-107.

DIGESTIBILIDAD Y PRODUCCIÓN *IN VITRO* DE METANO DE ENSILADO DE AVENA (*Avena sativa*) INOCULADO CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS.

Ana Graciela Aguirre-Ramírez[1], Joshua Antonio López-Tovar[1], Luis Alberto Mejía-Uribe[1], Darwin Heredia-Nava[2], Adolfo Armando Rayas-Amor, Ignacio Arturo Domínguez-Vara[1], Ernesto Morales-Almaráz[1]*

[1] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México.
[2] Departamento de Ciencias Pecuarias y Agrícolas, CUALTOS. Universidad de Guadalajara.
[3] Departamento de Ciencias de la Alimentación, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma.

*Autor de correspondencia. emoralesa@uaemex.mx

Palabras clave: forraje, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri*.

Introducción[iii]

El metano producido durante la fermentación entérica representa la más grande fuente de gases de efecto invernadero de los rumiantes en los sistemas de producción ganadera. Las técnicas de fermentación in vitro ha sido utilizada por muchos años para evaluar la fermentación ruminal de los alimentos y, más recientemente, para evaluar el efecto de estrategias de alimentación para mitigar la producción de metano (Yáñez-Ruíz et al., 2016). Debido a la complejidad y costo de las metodologías para evaluar las emisiones de metano entérico directamente de los animales, la posibilidad de obtener resultados a través de sistemas in viro es una alternativa potencial, principalmente para proporcionar un escaneo inicial de un gran número de muestras con diferentes alternativas para predecir la metanogénesis (Tedeschi et al., 2021).
Los inoculantes bacterianos son de los aditivos más comúnmente utilizados en el proceso de. Las bacterias heterofermentativas, como *Lactobacillus buchneri*, mejoran la estabilidad aeróbica del ensilado, mientras las bacterias homofermentativas, como *Lactobacillus plantarum*, tienen el atributo de controlar la fermentación del ensilado por la rápida producción de ácido láctico y la consecuente disminución del pH ensilaje (Filya et al., 2006). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de bacterias ácido lácticas en el forraje de avena para ensilar sobre la producción *in vitro* de metano.

Materiales y métodos

El cultivo avena (*Avena sativa* var. Turquesa) fue establecido en la posta zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAEMEX. La dosis de siembra fue de 90 kg/ha y fertilizado con 60-40-10 (N-P-K), la mitad de N y la totalidad de P y K se aplicaron al momento de la siembra, el resto de N se realizó 40 días después de la siembra. El corte del forraje para la elaboración de los microsilos se realizó a los 140 días post siembra con maquinaria (Rapid RF Chopper 152), posteriormente el forraje cortado se picó (Swisssmex mod. SW610500) a un tamaño de partícula 2-3cm.
Los tratamientos a evaluar consisten en la adición de bacterias ácido lácticas (BAL) como inoculantes en el forraje de avena para ensilar. Los tratamientos fueron:

1. Testigo. Forraje de avena sin inoculante.
2. Plantarum. Forraje de avena inoculado con *Lactobacillus plantarum* (5g/ton)
3. Buchneri. Forraje de avena inoculado con *Lactobacillus buchneri* (5g/ton)

Las dosis de BAL fueron aplicadas para tener 150,000UFC por gramo de ensilado. Después de picar el forraje, se aplicaron los aditivos según el tratamiento. El forraje inoculado se depositó en tubos PVC (25 cm alto y 12 cm de diámetro), a los que se les colocó previamente una bolsa de plástico fijada con cinta adhesiva en un extremo del tubo. Los tubos se llenaron por completo con el forraje y con apoyo de una prensa manual se compactó el forraje en el tubo y se taparán con bolsas de plástico, se sellarán con cinta adhesiva. Por cada tratamiento se elaboraron cinco microsilos. Los microsilos se abrieron a los 60 días después del sellado.
En el ensilado de avena se determinó el pH inmediatamente después de abrir los microsilos (Bernardes et al., 2019). Una muestra fue deshidratada a 55ºC por 72h, se molió y determinó la composición química de acuerdo con los procedimientos de la AOAC (2012) y de Van Soest et al. (1994) para fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se determinó con la técnica propuesta por Theodorou et al. (1994), los tratamientos se incubaron a 39°C por 96h en botellas

de 120 mL a los cuales se les adicionó una mezcla de solución amortiguadora 90 ml y 10 mL de líquido ruminal, proveniente de dos bovinos extraído mediante sonda nasogástrica. El sustrato residual se filtró y se determinó la DIVMS por diferencia de peso la MS inicial y la MS final. La producción *in vitro* de metano se cuantifico siguiendo la técnica de producción de gas (Theodorou et al., 1994); la concentración de CH4 acumulada en el "headspace" de las botellas se midió a las 24 y 48 h posteriores a la incubación con un sensor de metano electroquímico acoplado a un analizador portátil (Aeroqual Series 500®).

Las variables respuesta fueron sujetas a análisis de varianza para un diseño completamente al azar utilizando el GLM de SAS (2002), según el modelo estadístico: Y_i: $\mu + A_i + E_i$, dónde: Y_i, es la variable respuesta; μ, es la media general; A_i, es el efecto del tratamiento (n= 3), y E_i, es el error experimental. Cuando P≤0.05, y se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias (Steel *et al*., 1997).

Resultados y discusión

En el presente estudio, los contenidos de MS () y PB () del ensilado de avena no fueron afectados (P>0.05) por la inoculación de BAL (Cuadro 1). Bao pH y contenido de FDN y FDA del ensilado se observó en el tratamiento testigo. El valor energético estimado de los ensilados (Menke y Steingass, 1988), fue menor (P<0.05) con el uso de *Lactobacillus plantarum*.

Cuadro 1. pH, composición química (% BS) y contenido de energía (Mcal/kg) del ensilado de avena inoculado con bacterias ácido lácticas.

Variable	Tratamiento			EEM	*P*-value
	Testigo	Plantarum	Buchneri		
pH	4.17 ^{B}	4.58 ^{A}	4.50 ^{A}	0.036	0.0004
Materia seca	36.71	37.80	35.62	0.881	0.2927
Cenizas	11.90 ^{B}	14.36 ^{A}	10.48 ^{C}	0.033	0.0001
Proteína bruta	8.86	8.17	8.21	0.259	0.1873
Fibra detergente neutro	57.58 ^{C}	61.58 ^{B}	65.82 ^{A}	0.530	0.0001
Fibra detergente ácido	29.72 ^{C}	35.60 ^{A}	32.87 ^{B}	0.624	0.0017
E. Metabolizable‡	2.47 ^{A}	2.28 ^{B}	2.37 ^{AB}	0.023	0.0038
E. Neta de lactación	1.48 ^{A}	1.32 ^{C}	1.39 ^{B}	0.017	0.0017

‡ Estimado según Menke y Steingass (1988)

La producción *in vitro* de metano (CH_4) se muestra en el Cuadro 2. La adición de bacterias ácido lácticas tuvo influencia (*P*<0.05) sobre el pH y la producción *in vitro* de metano a las 24h post-incubación y en el acumulado después de 48h de incubación. La adición de *Lactobacillus buchneri* mostró las concentraciones más altas de metano a las 24 y 48h de incubación, así como en el acumulado.

Cuadro 2. Digestibilidad (%) y producción *in vitro* de metano y pH en la incubación del ensilado de avena inoculado con bacterias ácido lácticas.

Tratamiento	Variable				
	Digestibilidad *in vitro* de la MS	pH	CH_4 (mmol/g MS)		
			24h	48h	Acum.
Testigo	73.3 ^{A}	6.67 ^{A}	0.077 ^{A}	0.071 ^{A}	0.146 ^{B}
Plantarum	69.7 ^{B}	6.64 ^{A}	0.073 ^{A}	0.072 ^{A}	0.146 ^{B}
Buchneri	72.7 ^{A}	6.58 ^{B}	0.090 ^{B}	0.076 ^{A}	0.166 ^{A}
EEM	0.253	0.010	0.001	0.004	0.003
P-value	0.0001	0.008	0.0004	0.7293	0.0080

A través de alteraciones en el forraje ensilado y la fermentación en rumen, las BAL como inoculantes del ensilado podrían afectar la digestibilidad y las emisiones de metano (Ellis et al., 2015). Nuestros resultados muestran que la producción *in vitro* de metano difiere del tipo de bacterias ácido lácticas adicionadas al forraje de avena para ensilar. A las 24h de incubación *Lactobacillus plantarum* produjo 18.8% menos metano que *Lactobacillus buchneri*, y en el acumulado esta diferencia en la disminuyó a 12.0%. O´Brien et al (2013) reportaron reducciones en el metano acumulado a las 24h de incubación con *Lactobacillus plantarum*. La disminución de la producción *in vitro* de metano podrían ser debido a una supresión general del proceso de fermentación.

Jalc et al. (2009) no observaron cambios en la producción *in vitro* de metano (mol/g MS digerida) en ensilado de maíz inoculando con BAL, pero si incrementos significativos en la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. Otros autores tampoco han observado efectos en forrajes ensilados de maíz, de ryegrass

o ryegrass con trébol inoculado con BAL sobre la producción de metano (Ellis et al., 2015)
El papel del sustrato, en este caso el ensilado de avena, y la aplicación de las BAL como inoculante, la preparación de la muestra para el análisis *in vitro*, las condiciones de fermentación o la presencia de microorganismos nativos en el líquido ruminal, los cuales predominan, son factores que pudieron influir en la fermentación de la población microbiana, y con ello en la respuesta observada. Además de lo anterior, es necesario ampliar con el análisis de otras variables como la degradabilidad de la materia seca y de la fibra, el efecto de las BAL sobre el ensilado de avena a fin de determinar su impacto en el valor nutricional de este forraje.

Conclusiones
La inoculación del forraje de avena con bacterias ácido lácticas tiene influencia sobre la digestibilidad de la materia seca y la producción *in vitro* de metano del ensilado, marcados por los cambios en el contenido de fibra del forraje.

Agradecimeintos
A la Universidad Autónoma del Estado de México por los recursos financieros, y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por la realización de los análisis de laboratorio en el Departamento de Nutrición Animal y por el establecimiento de cultivo en la Coordinación de Producción.

Fuente financiadora
Proyecto titulado “Contenido de ácidos grasos poliinsaturados y producción *in vitro* de metano de ensilados de avena (*Avena sativa*) y canola (*Brassica napus*) inoculados con bacterias acido lácticas” financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM 6734/CIB/2023).

Referencias bibliográficas
1. Bernardes, T.F., Gervásio, J.R.S., De Morais, G., and Casagrande, D.R. 2019. Technical note: A comparison of methods to determine pH in silages. J. Dairy Sci. 102:9039–9042 https://doi.org/10.3168/jds.2019-16553
2. Ellis, J.L., Bannink, A., Hindrichsen, I.K., Kinley, R.D., Pellikaan, W.F., Milora, N., and Dijkstra, J., 2015. Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro rumen organic matter digestibility, total gas and methane production, Anim. Feed Sci. Technol. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.016
3. Filya, I., Sucu, E., and Karabulut A. 2006. The effect of Lactobacillus buchneri on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. J. Appl. Microbiology.101:1216-1226. doi:10.1111/j.1365-2672.2006.03038.x
4. Jalc, D., Varadyova, Z., Laukova, A., Homolka, P., and Jancik, F., 2009. Effect of inoculated corn silage on rumen fermentation and lipid metabolism in an artificial rumen (RUSITEC). Anim. Feed Sci. Technol. 152, 256-266.
5. Menke, K. H. and Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28: 7-55.
6. O’Brien, M., Hashimoto, T., Senda, A., Nishida, T., and Takahashi, J., 2013. The impact of Lactobacillus plantarum TUA1490L supernatant on in vitro rumen methanogenesis and fermentation. Anaerobe. 22, 137-140.
7. SAS. 2002. Statistical Analysis System (Software (Versión 9.0). User´s Guide. N.C., USA. 315 p.
8. Steel, R.G.D., Torrie J.H., and Dickey D.A. 1997. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach.3rd ed. McGraw-Hill Series in Probability and Statistics. USA. 622 p.
9. Tedeschi, L.O., J.P. Muir, H.D. Naumann, A.B. Norris, C.A. Ramírez-Restrepo, and S.U. Mertens-Talcott. 2021. Nutritional aspects of ecologically relevant phytochemicals in ruminant pro- duction. *Front. Vet. Sci*. 8. doi:10.3389/fvets.2021.628445.
10. Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B., and France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Anim. Feed Sci. Technol. 48(3–4), 185–197. https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6
11. Van Soest, P.J., Robertson, J.B., and Lewis, B,A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition, J. Dairy Sc.74:3583-3597.
12. Yáñez-Ruiz, D.R., Bannink, A., Dijkstra, J., Kebreab, E., Morgavi, D.P., O’Kiely, P., Reynolds, C.K., Schwarm, A., Shingfield, K.J., Yu, Z. 2016. Design, implementation and interpretation of in vitro batch culture experiments to assess enteric methane mitigation in ruminants: a review. *Anim. Feed Sci. Technol*. 216:1–18. doi:10.1016/j. anifeedsci.2016.03.016.

DESARROLLO DE ECUACIONES PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE METANO A PARTIR DEL CONTENIDO DE TANINOS EN PLANTAS.

Ana Karen Frutis-Moto*, Héctor Aarón Lee-Rangel[1], Gregorio Álvarez-Fuentes[2], Germán David Mendoza-Martínez[3], César Arturo Ilizaliturri-Hernández[4]

[1]Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, C.P. 78231, San Luis Potosí, México. [2]Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Colonia del Llano, C.P.78737, San Luis Potosí.

[3]Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, Departamento de Producción animal, Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México. [4]Coordinación para la Innovación y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología, Lomas de San Luis, C.P. 78210, San Luis Potosí, México.

*Autor para correspondencia: karenfrutis15@gmail.com

Palabras clave: fermentación entérica, fitobióticos, rumiantes.

Introducción

El metano es uno de los principales gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global, se estima que tiene un potencial de calentamiento 28 veces mayor que el dióxido de carbono y es 84 veces más potente en una escala de tiempo de 20 años, se emite principalmente por actividades antropogénicas entre las que destacan el sector agrícola, predominando la producción animal como uno de los factores, a través de la fermentación entérica de los rumiantes. Se estima que el ganado lechero produce 128 kg/cabeza de metano al año (Hristov *et al.*, 2013) lo que equivale hasta 500 litros cada día, liberándose a nivel mundial hasta 100 millones de toneladas de metano en un año.

La producción de metano por parte de los rumiantes proviene de la fermentación entérica, un proceso fundamental para el correcto funcionamiento del sistema digestivo, se origina tras la fermentación carbohidratos en el rumen en condiciones estrictamente anaerobias por bacterias procariotas metanogénicas, durante este proceso se producen ácidos grasos volátiles que le brindan energía para la producción de carne y/o leche, sin embargo, la producción de metano ocasiona una pérdida de energía bruta por parte del animal y, en consecuencia se ve reducido el crecimiento y la producción.

Actualmente existen diversas estrategias para disminuir las emisiones de metano, entre las que destacan las modificaciones en la dieta, se estima que se pueden reducir hasta en un 20% las emisiones globales de metano para el 2030 tras las mejoras nutricionales (CCAC, 2025), como lo son la implementación de aditivos de origen vegetal, que han demostrado mejoras en la digestibilidad, disminución de gases de efecto invernadero y mejores parámetros productivos. Uno de los compuestos bioactivos más estudiados son los taninos. Los taninos son metabolitos secundarios de las plantas, se clasifican principalmente en taninos condensados y taninos hidrosolubles, se ha demostrado que pueden disminuir las emisiones de metano al actuar directamente contra las bacterias metanogénicas, promoviendo a las bacterias ruminales, principalmente a las poblaciones de *Fribrobacter succinogenes* y *Rominoccocus flavefaciens*, además de, que en dietas equilibradas de proteína y energía pueden reducir la degradabilidad de proteínas ruminales, mejorando el metabolismo animal y por ende el rendimiento.

Las revisiones sistemáticas y los metaanálisis son herramientas ampliamente utilizadas para determinar el curso de las futuras investigaciones, actualmente en la nutrición animal se emplean para predecir fenómenos, a través de la modelación matemática. Los modelos son representaciones aritméticas de los mecanismos desconocidos o que no se controlan, es el arte del reduccionismo del conocimiento en un diseño matemático (Tedeschi, 2023).

El propósito del presente trabajo es desarrollar ecuaciones que nos permitan cuantificar el impacto de los taninos en la adición de la dieta a través de la recopilación de datos, para poder determinar su impacto en la fermentación ruminal.

Materiales y métodos

Búsqueda de la información: Se realizo una búsqueda de datos con los lineamientos PRISMA (Preferred Reporting Items For Systematic Reviews and Meta-Analyses). La búsqueda abarco estudios publicados de enero 2010 a diciembre 2024, utilizando bases de datos como “Scopus”, “Web of science”, “PubMed” y “Science Direct”. Se utilizaron los comandos booleanos “OR” y “AND” con los principales términos de búsqueda combinando las palabras clave: “ruminant” OR “bovine” OR “cattle” OR “cow” OR “sheep” OR “ovine” OR “heifer” OR “calf” OR “lambs” OR “goat” OR “caprine” AND “natural additives” OR “feed additives” OR “natural extracts” OR “tannins” AND “methane” OR “methane enteric” OR “fermentation”.

Criterios de inclusión y exclusión: Los estudios solo se incluyeron si cumplían con las siguientes especificaciones: ensayos *in vitro* con liquido ruminal de bovino u ovino, medición de metano a las 24 horas post incubación por técnicas de calibración de jeringa o cromatografía de gases, valores de metano expresados en ml/MS, tipo de sustrato especificado (solo forraje), valores bromatológicos correctamente reportados de los ingredientes en el experimento, contenido de taninos totales, taninos fenólicos, taninos hidrolizables y taninos condensados. Los artículos excluidos reportaban el metano en diferentes medidas o gráficas, no informaban el contenido químico especifico del sustrato utilizado, los componentes del sustrato no eran de origen forrajero o arbóreo.

Extracción de datos: Los datos se agruparon en 2 diferentes dependiendo su origen: en forraje arbóreo o forraje. Se recopilo de los artículos seleccionados la información bibliográfica (autores, año, DOI); nombre del sustrato; características químicas del sustrato; mediciones del metano (ml/Ms o ml/200 g MS). Todos los datos se unificaron a las mismas constantes g/MS para las variables bromatológicas y para el metano a ml/g MS.

Ecuaciones de predicción de metano: Se desarrollaron modelos con ecuaciones determinísticas y/o empíricas, para predecir las emisiones de metano a partir del contenido de taninos del aditivo empleado.

$$Y=\beta0+\beta1\ X1+\beta2X2+\beta3X3\ldots\ \beta15X15$$

Donde Y es la variable respuesta, β: parámetros de regresión y X: variables predictoras o explicativas.

De los artículos seleccionados solo se tomaron el 75% de los datos para la construcción de los modelos; a las variables explicativas individuales, se realizará un análisis de correlación con las variables respuesta, las variables explicativas correlacionadas ($|r|>0.7$) no se incluirán dentro del modelo para evitar multicolinealidad, posteriormente se usaron procedimientos de regresión múltiple paso por paso conocidos como Stepwise para las variables predictoras.

Además, se implementaron cuatro algoritmos de regresión de aprendizaje automático utilizando la biblioteca scikit-learn: regresión lineal, regresión de bosque aleatorio, regresión de vectores de soporte (SVR) y red neuronal de perceptrón multicapa (MLP). Los predictores incluyeron TC (taninos condensados) y FT (fenoles totales) transformados logarítmicamente. El conjunto de datos se dividió en un 70 % para entrenamiento y un 30 % para pruebas mediante train_test_split, y las características se estandarizaron con StandardScaler, realizados en Python 3.10.

Validación y ajuste de los modelos: Para la validación de los modelos se usó el 25% de los datos de los artículos seleccionados. Se realizó una prueba de determinación del error cuadrado medio de predicción (ECMP):

$$ECM = \frac{1}{n}.\sum_{i=1}^{n}(Oi - Pi)^2$$

Donde: n= número de observaciones; Oi = Valor observado; Pi =Valor predicho; además, se calcularon los valores de raíz cuadrada del error cuadrático medio de predicción (RMSPE).

Resultados y discusión

La búsqueda inicial arrojo 4452 artículos potencialmente relevantes. Tras la eliminación de duplicados (n=951) se realizó una selección por título y resumen, eliminando 3048 artículos que no cumplían con los criterios de inclusión. Tras la evaluación de los 452 artículos restantes de manera individual se seleccionaron para el caso de taninos de origen arbóreo, 22 artículos con 164 datos en total, mientras que para los taninos de origen forrajero se eligieron 17 artículos con 83 datos.

El forraje arbóreo presento concentraciones de fenoles totales de 0.59-314.50 g/kg MS con una media de 68.29, taninos fenólicos de 0.40-331.6 g/kg MS con una media de 53.35, taninos hidrolizables de 0.600-350.00 g/kg MS con una media de 68.29 y taninos condensados de 0.010-260.00 g/kg MS con una media de 24.68. Mientras que para el caso de forraje presento concentraciones de fenoles totales de 2.70-189.3 g/kg de MS con una media de 40.70, taninos fenólicos de 0.60-148.30 g/kg MS con una media de 15.09 g/kg MS, taninos hidrolizables de 0.29-51.30 g/kg MS con una media de 10.62 y taninos condensados de 0.0-136.00 g/kg MS con una media de 13.19. El contenido de taninos en el forraje es muy variable y depende de diversos factores como el medio ambiente, el tipo de suelo y su calidad en la que fue cultivado, la fenología, en plantas de floración temprana suelen presentar niveles más altos de taninos condensados, en plantas leguminosas forrajeras se pueden presentar concentraciones de entre 20-50 mg/g MS de TC, así mismo, la técnica de cuantificación puede generar una variabilidad en las concentraciones de los taninos.

Las correlaciones más altas obtenidas para los grupos de taninos de origen arbóreo y forrajero, fue para la variable de taninos fenólicos totales (TFE) con -0.24 y 0.27 ($p<0.05$) respectivamente, mientras que las más bajas fueron para taninos condensados (TC) con 0.025 y -0.024 sin significancia estadística, sin embargo, se ha reportado que la intervención de taninos condesados en la dieta puede contribuir a disminuir las emisiones de metano.

Se obtuvieron 3 ecuaciones diferentes para el contenido de taninos presentadas a continuación:

Eq1. $$CH4 = 24.51 - 0.043 * TC - 0.046 * FT$$

Eq2. $$CH4 = 32.98 - 1.29 * \ln(TC + 1) - 2.55 * \ln(\mathrm{FT} + 1)$$

Eq3. $$CH4 = -9.03 - 0.11 * TH + 0.04 * MS + 0.05 * FDN - 0.09 * FDA$$

Donde TC es taninos condensados, FT fenoles totales, TH taninos hidrolizables, FDN Fibra Detergente Neutra y FDA Fibra Detergente Acida.

La evaluación de las ecuaciones se realizó en ambos grupos de taninos, mostro coeficientes de determinación para la ecuación 1, 2, y 3 de 0.053, 0.068 y 0.114, mientras que el error cuadrático medio (MSE) fue de 4.37, 12.22 y 29.85 respectivamente. El bajo rendimiento de las ecuaciones 1 y 2 puede reflejar la complejidad de los mecanismos de producción de metano en rumiantes, que no se reflejan únicamente en las concentraciones de taninos y fenoles en la dieta. El efecto antimetanogénico de los taninos depende no solo de su concentración, sino también de su estructura química, grado de polimerización e interacción con los componentes de la dieta y la microbiota ruminal (Jayanegara *et al.*, 2012), lo que se puede observar en la ecuación 3 donde al agregar al modelo variables químicas el coeficiente de determinación se eleva, sin embargo, aún sigue siendo bajo para un modelo de predicción, además, la ausencia de variables fisiológicas críticas, como la ingesta de materia seca, la tasa de tránsito, la composición de ácidos grasos volátiles o la abundancia microbiana metanogénica, puede limitar la precisión del modelo. Estudios previos han demostrado que la inclusión de parámetros como la digestibilidad de la fibra, la cinética de fermentación y la estructura del ecosistema ruminal mejora sustancialmente la predicción de metano (Knapp *et al.*, 2014).

Conclusiones

La amplia variabilidad de los datos referentes al contenido de taninos hidrosolubles, condensados, fenoles totales y taninos totales, pueden estar generando un bajo ajuste del modelo, lo que refleja que si hay una relación de efecto en la producción de metano, pero esta no solo es dependiente de los taninos, si no que funciona como un sistema complejo donde interaccionan los diferentes componentes de la dieta como lo son, las concentraciones de materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y ácida, que se encuentran relacionados con la calidad de la dieta u forraje; como se vio reflejado en le ecuación 3, al elevarse ligeramente el coeficiente de determinación, por lo que es factible una reorganización de los datos y emplear técnicas de meaching learning para mejorar la precisión de los modelos.

Referencias bibliográficas

1. CCAC. (2025). *Methane | Climate & Clean Air Coalition*. https://www.ccacoalition.org/short-lived-climate-pollutants/methane
2. Hristov, A. N., Oh, J., Firkins, J. L., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Makkar, H. P. S., Adesogan, A. T., Yang, W., Lee, C., Gerber, P. J., Henderson, B., and Tricarico, J. M. (2013). SPECIAL TOPICS-Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, *91*(11), 5045–5069. https://doi.org/10.2527/JAS.2013-6583,
3. Jayanegara, A., Leiber, F., and Kreuzer, M. (2012). Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *96*(3), 365–375. https://doi.org/10.1111/J.1439-0396.2011.01172.X,
4. Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., and Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of Dairy Science*, *97*(6), 3231–3261. https://doi.org/10.3168/JDS.2013-723
5. Tedeschi, L. O. (2023). Review: The prevailing mathematical modeling classifications and paradigms to support the advancement of sustainable animal production. *Animal*, *17*, 100813. https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2023.100813

DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA Y ENERGÍA DEL GARBANZO (*Cicer arietinum*) EN LECHONES RECIEN DESTETADOS.

Cortez ACE[1], Ordaz OG[2], Ramírez RE[2], Reis STC[3], Mariscal LG[2]*.

[1]FES-C UNAM; [2]CENID Fisiología, INIFAP; [3]FCN UAQ, México.

mariscal.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras Clave: garbanzo, Cicer arietinum, lechones, digestibilidad

Introducción

La alimentación en la producción de cerdos para abasto es el rubro más importante y representa alrededor del 70% del costo total. Esto obliga a optimizar la eficiencia del uso de los alimentos y para lograrlo se requiere un conocimiento adecuado del valor nutritivo de las materias primas. Sobre todo, en el aporte de energía, proteína y aminoácidos. Esta condición se vuelve esencial cuándo se pretende utilizar en las dietas materias primas alternativas. En el contexto actual de incrementos en los precios de las materias primas tradicionales, el uso eficiente de las materias primas alternativas adquiere una importancia crucial. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar a través de un estudio de digestibilidad al garbanzo (*Cicer arietinum*) como fuente de proteína y aminoácidos para lechones.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el CENID Fisiología y Mejoramiento Animal del INIFAP. El manejo empleado en los animales respetó los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Se utilizaron 16 lechones Landrace × Large-White, destetados el día 17 de edad, con un peso de 6.0 ± 0.5 kg. Los lechones se alojaron individualmente en jaulas metabólicas, las cuales cuentan con comedero tipo charola y bebedero de chupón con flujo regulable a 0.5 L/min, la temperatura se mantuvo a 26 ± 2°C. A su arribo a la Unidad Metabólica (día 17 de edad) se comenzó a ofrecer tres veces al día (0800, 1300 y 1800 h) una mezcla de leche en polvo y almidón de maíz en proporción de 4:1 respectivamente, con el objetivo de que comenzaran a comer alimento sólido, pero modificando lo menos posible el perfil enzimático de animal lactante. El día 22 de edad se implantó una cánula “T“ en el íleon distal Reis de Souza et al. (2000). El tratamiento postquirúgico consistió en oxitetraciclina y meloxicam por cinco días. Durante esos días los lechones se alimentaron con una mezcla leche:almidón más la dieta experimental, la cual fue sustituyendo gradualmente a la mezcla leche:almidón en veinte unidades porcentuales cada día hasta alcanzar un consumo del cien por ciento de la mezcla experimental. A partir de ese momento se pesaron individualmente los animales y comenzó el periodo experimental el cual tuvo una duración de siete días (5 días de adaptación a la dieta experimental y 2 días de colecta ileal). Las dietas experimentales (Cuadro 1) se formularon para aportar los requerimientos nutricionales según el NRC (2012); las dietas consistieron en una dieta control donde el cien por ciento de la proteína la aportó la caseína, una segunda dieta donde el 5.4% de la proteína total fue aportada por garbanzo y una tercera dieta donde el 5.4% de la proteína total fue aportada por pasta de soya, respetando los niveles referidos por Wang et al. (2017) para el uso de garbanzo en lechones. Una vez comenzado el periodo experimental la oferta de alimento fue de 30 g/día/kg de PV repartido en tres comidas (0800, 1300 y 1800 hrs), el agua se ofreció *ad libitum*. A las dietas se les agregó dextrosa 40 g/kg para incrementar la palatabilidad, una fuente de fibra (Arbocel ™) 40 g/kg y aceite de maíz 30 g/kg. Las vitaminas y minerales proporcionaron los requerimientos del NRC, el óxido de titanio se incluyó a razón de 3 g/kg como marcador de digestibilidad. Durante la colecta de digesta ileal conforme se llenaban las bolsas la digesta ileal se transfería a un contenedor para congelarla a –20 °C hasta su liofilización. Las muestras liofilizadas se molieron a través de una malla de 0.5 mm. Los siguientes análisis se realizaron en las muestras experimentales: Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC) y óxido de titanio. La digestibilidad ileal aparente (DIA) de la materia seca y proteína, se estimó empleando la ecuación: DIA = [1 – [(ID × AF)/(AD × IF)]] × 100 (Fan y Sauer, 1995) donde DAI es la digestibilidad ileal aparente de un nutrimento, ID es la concentración del indicador en la dieta (mg/kg de MS), AF es la concentración del nutrimento en la digesta ileal (mg/kg de MS), AD es la concentración del nutrimento en la dieta (mg/kg de MS), IF es la concentración del indicador en la digesta ileal (mg/kg de MS). Los cálculos de los CDIA del N y AA del ingrediente ensayo se realizaron por el método de diferencia utilizando la caseína como ingrediente basal, según el método propuesto por Fan y Sauer (1995): *CDIANA= CDIADA-(CDIADB·LNB)/LNA*, donde *CDIANA* es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de un nutriente en el ingrediente ensayo, *CDIADA* es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente

de la dieta ensayo, *CDIADB* es el coeficiente de digestibilidad ileal aparente de la dieta basal, *LNB* es el nivel de contribución de un nutriente del ingrediente basal a la dieta ensayo (decimales) y *LNA* es el nivel de contribución de un nutriente del ingrediente ensayo a la dieta ensayo. Los datos de la DIA de la proteína se analizaron empleando el paquete rstatix del programa R (Kassambara, 2021), según un diseño en Bloques. Las medias de tratamientos se compararon empleando el método de Tukey. Las diferencias fueron consideradas significativas cuando (P<0.05), y una tendencia fue reconocida con la probabilidad 0.05<P<0.10.

Cuadro 1. Dietas Experimentales.

	Tratamiento		
Ingrediente, %	**Control**	**Garbanzo**	**Pasta de Soya**
Almidón de Maíz	48.23	25.86	41.77
Garbanzo (19)	-	28.36	-
Soya (43)	-	-	12.45
Lactosa	18.556	18.56	18.56
Caseína	22.14	16.15	16.15
Aceite de maíz	3	3	3
Arbocel (celulosa)	4	4	4
Sal común	0.6	0.6	0.6
Carbonato de calcio	0.195	0.195	0.195
Fosfato Bicalcico	2.66	2.66	2.66
Óxido de titanio	0.3	0.3	0.3
Colina	0.145	0.145	0.145
Vitaminas*	0.07	0.07	0.07
Minerales**	0.1	0.1	0.1

*Proveído por kg de dieta: vitamina A 20 000 IU; vitamina D 4 000 IU; vitamina E 240 mg; vitamina K 16.1 mg; niacina 120 mg; ácido pantoténico 70 mg; riboflavina B2 20 mg; vitamina B12 0.10 mg; Tiamina B1 7 mg; piridoxina 12 mg; biotina 0.60 mg; ácido fólico 3 mg.
**Proveído por kg de dieta: Cu 12 mg; I 0.8 mg; Fe 100 mg; Mn 33 mg; Se 0.25 mg; Zn 120 mg.

Resultados

El peso de los lechones, así como el consumo diario de alimento fueron similares (P>0.05) entre tratamientos. La dieta de Caseína tuvo una Digestibilidad Ileal Aparente de la Materia Seca y del Nitrógeno; así como de la Digestibilidad Ileal Estandarizada (P<0.001) superior a la dieta con Garbanzo y la de Pasta de Soya. En cuanto a la Digestibilidad del Nitrógeno del Ingrediente la Caseína tuvo una Digestibilidad Ileal Aparente superior (P<0.01). En todos los criterios de respuesta la digestibilidad del Garbanzo fue similar (P>0.10) a la de la Pasta de Soya

Discusión

El integrar ingredientes en la porcicultura requiere conocer su calidad proteica, la cual está determinada por el potencial que tiene de cubrir sus requerimientos de aminoácidos (Widyaratne y Zijlstra, 2007); además, un criterio para asegurar su abastecimiento es que tenga un mercado como ingrediente alternativo, cuando el objetivo de calidad para su mercado primario no es alcanzado (Coulibaly, 2009). Los ingredientes alternativos generalmente son ingredientes o subproductos de procesos industriales que no cubrieron los requerimientos de calidad para el consumo humano y por ende se buscan integrar a la alimentación del cerdo para su transformación en carne. El Garbanzo cumple esos criterios, ya que es una fuente de proteína con digestibilidad similar a la de la pasta de soya como lo muestran nuestros resultados, y cuando no cumple la calidad para el consumo humano podría ser utilizado en la alimentación del lechón o del cerdo en crecimiento.

Conclusiones

El Garbanzo puede ser utilizada como una fuente de proteína alternativa en la alimentación del lechón, pero su uso dependerá de las ventajas relativas del precio que guarde con las fuentes tradicionales de proteína.

.

Cuadro2
Digestibilidad Ileal Aparente de las dietas experimentales

	Caseína	Garbanzo	Pasta de Soya	EEM	*P*
Peso kg	7.65	7.94	7.83	0.284	0.74
Consumo Diario de Alimento g/d	0.224	0.262	0.256	0.015	0.18
Dieta					
Digestibilidad Ileal Aparente					
Materia Seca	0.881a	0.792b	0.798b	0.007	0.001
Nitrógeno	0.880a	0.836b	0.845b	0.007	0.001
Digestibilidad Ileal Estandarizada					
Nitrógeno	0.971a	0.916b	0.925b	0.007	0.001
Ingrediente					
Nitrógeno	0.882a	0.752b	0.794b	0.022	0.01

Referencias bibliográficas

1. Coulibaly, A. L. (2009). Hog Production Costs - What is needed to stay competitive? Advance in Pork Production, 20, 97.
2. Fan, M.Z., Sauer, W.C., 1995. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. J. Anim. Sci. 73, 2364-2374. https://doi.org/10.2527/1995.7382364x
3. Kassambara, A., 2021. rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. Vienna, Austria version: 0.7.0. https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html.
4. Widyaratne, G. P., & Zijlstra, R. T. (2007). Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: Digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. Canadian Journal of Animal Science, 87(1), 103–114. https://doi.org/10.4141/A05-070

EFECTO DE DOS CANTIDADES DE CONCENTRADO EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE DE CABRAS EN PASTOREO.

Bernardo de J. Marín Mejía*, Delia Gaspar Sánchez, Lorenzo Álvarez Ramírez

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México

*Autor para correspondencia: bjmarin@unam.mx

Palabras clave: suplemento alimenticio, alimento concentrado, calidad de leche.

Introducción

En animales lecheros, la inclusión de alimento concentrado en la dieta incrementa la producción de leche. Dichos cambios son dependientes de la cantidad del concentrado incluido, de modo que, a mayor cantidad aportada, mayor la producción de leche observada (Min et al., 2005; Dønnem et al., 2011). En animales en pastoreo, la inclusión de concentrado en la dieta se hace necesaria para aportar la cantidad suficiente de energía que promueva un incremento en la leche producida. En cabras, se ha demostrado que la producción de leche puede ser un negocio rentable en condiciones de pastoreo con suplementación únicamente a base de concentrado; en dichas condiciones, se busca que el pastoreo cubra más del 50% de los requerimientos dietéticos en al menos 10 horas de pastoreo diario (Lefrileux et al., 2008). Dado que el alimento concentrado es uno de los ingredientes más costosos de la dieta del animal, la cantidad que se suplementa es un elemento importante, dado que el excedente de leche producido como respuesta debería representar una ganancia suficiente para absorber dichos costos.

En cabras lecheras en pastoreo, el aporte energético por la inclusión de concentrado podría mejorar significativamente el volumen y la composición de la leche producida, resultando en ventajas económicas. En las condiciones de pastoreo controlado en la zona central de México, no existen observaciones relacionadas con el uso de concentrado como suplemento y su efecto en la producción de leche y su composición.

El objetivo del presente trabajo fue describir la producción de leche y su composición (grasa, proteína, lactosa, y sólidos no grasos) como respuesta a diferentes aportes de concentrado en cabras en pastoreo.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM, en Tequisquiapan, Querétaro.

Se utilizó un total de 66 cabras lecheras adultas asignadas aleatoriamente a uno de tres tratamientos. El grupo Control (n=25, 48.9±1.7 kg±ee; 2.2±0.09 condición corporal) recibió el manejo convencional con pastoreo y suplementación con heno de alfalfa en comedero; las cabras del grupo C200g (n=19, 47.9±1.7; 2.1±0.09) y grupo C400g (n=22, 50.3±1.8; 2.4±0.09) recibieron el mismo manejo que el grupo Control, pastorearon en los mismos potreros, y recibieron además un suplemento diario de 200 y 400 g, respectivamente, de alimento concentrado por animal durante un periodo de tres meses.

Todos los animales se encontraban en su primer y segundo tercio de lactación, pastorearon en praderas de alfalfa durante horarios diurnos (10:00-16:00h) y fueron alojadas en los mismos corrales durante la tarde-noche (16:00-10:00h). Las praderas asignadas fueron preparadas para aportar el 50% del requerimiento diario de materia seca del animal, calculado con base al 4% de su peso vivo. El alimento concentrado se ofreció de manera individual con los animales sujetos en el comedero para garantizar su consumo. Todas las cabras se ordeñaron mecánicamente con una frecuencia de una vez por día. La medición de la cantidad de leche individual producida por día se realizó de manera directa con vasos medidores en la fase previa al inicio de la suplementación, y posteriormente con una frecuencia de cada dos semanas.

En los mismos periodos se tomaron muestras individuales para determinar las concentraciones de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos (SNG). La determinación de los componentes en la leche se realizó mediante espectroscopía de infrarrojo (MILKOSCAN™). La información fue analizada mediante ANOVA con el procedimiento GLM de SAS y comparaciones mediante la prueba Tukey.

Resultados y discusión

El peso y la condición corporal al inicio del estudio no fueron diferentes entre grupos (p>0.05).

La producción de leche se incrementó significativamente solo en el grupo C400g y luego de un mes desde el inicio de la suplementación ya presentaba una tendencia a ser mayor que el grupo Control. A partir de los dos meses y hasta el final del estudio, el grupo que recibió la mayor cantidad de concentrado produjo volúmenes mayores de leche que el grupo Control (figura 1). Rubino et al. (1995) no encontraron diferencias significativas en producción de leche al suplementar cabras locales italianas con 150 y 550g de concentrado, aunque no contrastaron con animales sin suplemento. En el presente caso, el aporte de ambas cantidades de concentrado no difirió en su respuesta productiva, pero sí en su comparación con las cabras sin suplemento. El grupo C400g mostró mayores volúmenes de producción que los animales sin suplemento hacia el final del estudio.

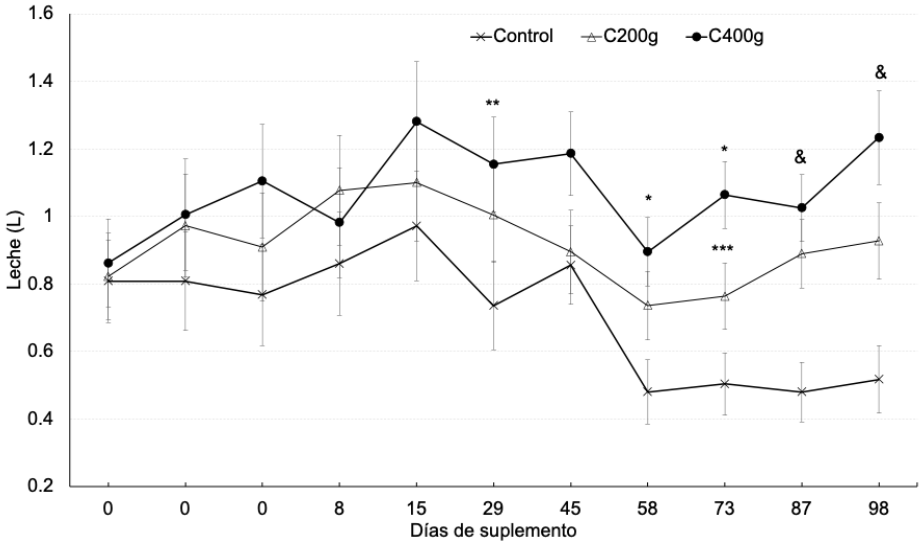


Figura 1. Producción promedio de leche (±ee) de cabras en pastoreso suplementadas con 0g, 200g o 400g de concentrado comercial. **C400g tiende a ser mayor que Control, p=0.08; *C400g es mayor que Control, p<0.05; ***C400g tiende a ser mayor que C200g, p=0.08; &Control es menor, p<0.05.

El aporte de concentrado no afectó el porcentaje de grasa, proteína, ni SNG, y en ningun caso se observó diferencia entre grupos suplementados (figura 2). Rubino et al. (1995) tampoco encontraron diferencias en la concentración de grasa y proteína en leche de cabras locales suplementadas con 150 o 550g de alimento; resultados similares en estos componentes totales han sido descritos cuando se suplementa con 750 o 1500g (Landau et al., 1993). El porcentaje de lactosa se mantuvo elevado en el grupo C400g desde el inicio del estudio (figura 2), lo que impide afirmar que haya habido un efecto del suplemento; otros han descrito una mayor producción de lactosa cuando se aporta una mayor cantidad de concentrado (Landau et al., 1993).
De acuerdo con varios autores (Landau et al., 1993; Rubino et al., 1995), la cantidad de concentrado a suplementar en la dieta de los animales debe decidirse tomando en cuenta el producto final obtenido y su valor. Si el valor de la leche excedente producida es mayor que el costo del suplemento, entonces la práctica puede ser rentable. En promedio, el suplemento de 400 g de concentrado mejoró la producción de leche en 0.42 L diarios, comparado con el grupo Control; si el valor de dicha cantidad de leche o del derivado fabricado con ella supera al costo del alimento, entonces se justifica económicamente.

Conclusiones
Se concluye que el aporte de 400g de concentrado comercial a la dieta de cabras pastoreando praderas de alfalfa incrementa la producción diaria de leche. La decisión de suplementar se puede justificar si el incremento en la leche genera el ingreso extra suficiente para pagar el alimento.

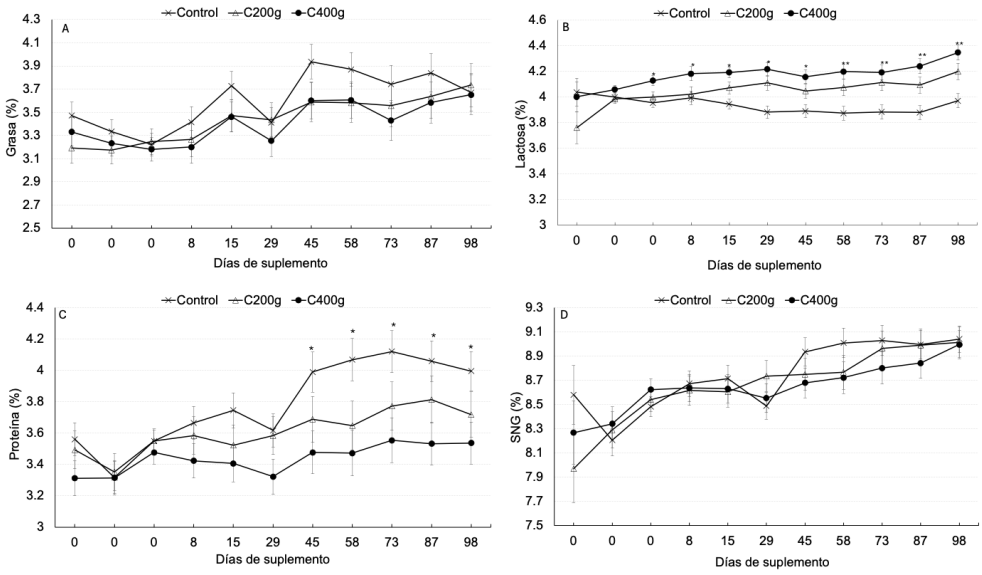


Figura 2. Valores promedio (±ee) de grasa (A), lactosa (B), proteína (C) y sólidos no grasos (D) en leche de cabras suplementadas con 200 o 400 g de concentrado comercial. *C400g difiere de Control, p<0.05; ** Control difiere de C200g y C400G, p<0.05.

Referencias bibliográficas

1. Dønnem, I., Å.T. Randby, y M. Eknæs. 2011. Effects of grass silage harvesting time and level of concentrate supplementation on nutrient digestibility and dairy goat performance. Anim. Feed Sci. Technol. 163:150–160. doi:10.1016/J.ANIFEEDSCI.2010.10.018.
2. Landau, S., J. Vecht, y A. Perevolotsky. 1993. Effects of two levels of concentrate supplementation on milk production of dairy goats browsing Mediterranean scrubland. Small Rumin. Res. 11:227–237. doi:10.1016/0921-4488(93)90047-L.
3. Lefrileux, Y., P. Morand-Fehr, y A. Pommaret. 2008. Capacity of high milk yielding goats for utilizing cultivated pasture. Small Rumin. Res. 77:113–126. doi:10.1016/j.smallrumres.2008.03.011.
4. Min, B.R., S.P. Hart, T. Sahlu, y L.D. Satter. 2005. The effect of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. J. Dairy Sci. 88:2604–2615. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72937-4.
5. Rubino, R., B. Moioli, V. Fedele, M. Pizzillo, y P. Morand-Fehr. 1995. Milk production of goats grazing native pasture under different supplementation regimes in southern Italy. Small Rumin. Res. 17:213–221. doi:10.1016/0921-4488(95)00696-I.

POBLACIÓN DE PROTOZOARIOS RUMINALES DE BORREGAS BLACK BELLY EN RESPUESTA AL CONSUMO DE FIBRA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) PELETIZADA.

Tony Platas-Ramírez[1], Belisario Domínguez-Mancera[1], José Manuel Martínez-Hernández[1], , Manlio Alpírez-Mendoza[1], María Fernanda De la Torre-González[1], Francisco Indalecio Juárez-Lagunes*[1]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

*Autor para correspondencia: fjuarez@uv.mx

Palabras clave: ovinos, microbiología, forraje

Introducción

En el rumen, la degradación de fibra es realizada principalmente por bacterias, hongos y, en menor medida, protozoos. Los protozoos ruminales son mayormente ciliados. Los que abundan en el rumen son los Holotricos y Entodinomorfos. Los Holotricos consumen mayormente carbohidratos solubles como azucares o almidones, y proliferan con dietas altas en concentrados, los Entodinomorfos son capaces de degradar xilano, un componente de la hemicelulosa. Además, pueden degradar también celulosa. Si bien los protozoos no son esenciales para la degradación de fibra, su presencia en dietas altas en fibra puede afectar la eficiencia de fermentación ruminal y la producción de metano, ya que la masa de los protozoos representa casi la mitad de la masa microbiana ruminal. En los sistemas de producción de carne y leche tropicales la mayor fuente de energía proviene de la fibra de los forrajes. La fibra nutre al microbioma del rumen y que al fermentarlos liberan sustratos energéticos y proteína microbiana para el rumiante (Bach y col., 2005). Las características físicas están dadas por el tamaño de partícula de la fibra (Beauchemin y Yang, 2005). La fibra debe tener un tamaño mínimo de partícula (fibra efectiva) para estimular rumiación y movimientos ruminales, sin fibra efectiva el rumen tendría problemas de acidosis, estasis ruminal, timpanismo y muerte del animal. En la temporada de sequía (de diciembre a mayo) la disponibilidad de pastos escasea por lo que el ganado rumiante no consume fibra suficiente para cubrir sus requerimientos de consumo de materia seca. Los ganaderos, para alimentar su ganado, adquieren durante esa temporada, heno, ensilados o esquilmos agrícolas con características de fibra muy variables por su volumen, contenido de humedad, tamaño de partícula y calidad; causantes de mucho rechazo y desperdicio. Además, tienen que picarlo o molerlo implicando gastos que afectan la productividad y rentabilidad del sistema de producción ya sea carne y/o leche. Novafibra® es un producto comercial elaborado a base de fibra de caña de azúcar en presentación peletizada. Es decir, ya viene con características químicas y físicas de la fibra uniformes. Lo que facilita su integración en dietas o suplementos alimenticios, disminuyendo el rechazo y desperdicio; asegura un consumo uniforme y balanceado. Pero se desconoce el nivel óptimo de su inclusión en la dieta de ovinos que favorezca la población de Entodinomorfos. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es evaluar la inclusión de Novafibra® en la dieta de borregas Black Belly para determinar los cambios en la población de protozoarios del rumen.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las instalaciones del Módulo de Ovinos y Caprinos del Rancho Torreón del Molino, perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana. Localizado en el km 14.5 de la carretera 140 Veracruz–Xalapa (19.16998, -96.212348, Google Maps, 2024). El clima de la región es Cálido Subhúmedo Aw_1 y la altitud corresponde a 15 msnm. Aprobado por el comité de bioética animal de la FMVZ-UV, se utilizaron ocho borregas adultas pluríparas de la raza Black Belly no gestando, no lactando con dieta de mantenimiento. Las borregas se asignaron al azar bajo un diseño experimental Cuadrado Latino Doble Balanceado 4 x 4, confinadas en jaulas metabólicas. Se alimentaron diariamente con 300 g de concentrado (maíz molido 70%; pasta de soya 30%) más los siguientes tratamientos: **Grupo 1**: 300 g de pélet y 900 g de heno de pasto Pangola (*Digitaria decumbens)* picado. **Grupo 2**: 600 g de pélet y 600 g de heno de pasto Pangola (*Digitaria decumbens)* picado. **Grupo 3**: 900 g de pélet y 300 g de heno de pasto Pangola (*Digitaria decumbens)* picado y **Grupo 4**: 1200 g de pélet y 0 g de heno de pasto Pangola (*Digitaria decumbens)* picado. Los periodos experimentales (21 días) consistieron en dos semanas de adaptación a la dieta y una semana de muestreo para cada periodo. En la última semana del periodo se realizaron muestreos de líquido ruminal para medir pH ruminal y conteos de protozoarios los días 21, 42, 63 y 83 del experimento. Para obtener el líquido ruminal (LR) en borregos, se utilizó una sonda tipo Levin® para alimentación nasogástrica en humanos, la muestra de LR fue de 5 a

20 ml y se colocó en tubo limpio cónico de 50ml. La muestra de LR fue mantenida en condiciones anaeróbicas con CO_2 y a temperatura constante de 39°C. Para el conteo de los protozoarios de manera general, se tomó una muestra de 1ml del LR y se trasfirió a tubo cónico con capacidad de 10 ml. Se añadió 1 ml de tinción Diff-Quik (DQ) previamente preparada con fijador (Metanol 99%). Se dejo incubar por 24 horas a temperatura de cuarto (22°C). Para el conteo se tomaron 5µL de la solución que contenía el LR y la tinción y se colocó en la cámara de Neubauer (Bright-Line). La cámara de Neubauer se colocó en el microscopio Olypus CX41 en objetivo de 10X y 40X. Con el apoyo de la cámara digital (CDR 80-70052X UV VETM SLIME CASE), con resolución de 80X700pixeles, Software ViewPlayCap v1.0. Para el conteo de los protozoarios se utilizaros los compartimentos de ambas cámaras; el cuadrante superior izquierdo, superior derecho, inferior izquierdo e inferior derecho. Con la suma de los 8 cuadrantes se obtuvo la cantidad de protozoarios por ml de muestra; todo ello con la aplicación CellCalculator v2.3 y la aplicación Hemocytometer Sideckic v5.0 (2025). Se realizo ANDEVA de efectos principales (Cuadrado latino) donde el factor principal es el porcentaje de inclusión de pélet de caña de azúcar (tratamiento) y los factores secundarios son la borrega y el periodo de experimentación (21 días), las comparaciones múltiples se realizaron por el método de Tukey ($p \leq 0.05$); así que el doble bloqueo es el animal y el periodo. Los softwares utilizados para el análisis estadístico fue el STATISTICA v10 (2011) y para graficar las medias mínimo-cuadráticas el Sigma Plot v11 (2010).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se resume el consumo de alimento (fibra de caña de azúcar y fibra de heno de Pangola) por las borregas Black Belly donde se aprecia que el consumo total de pélet + heno se ve a afectado por el nivel de inclusión de fibra peletizada de caña de azúcar. El mayor nivel de pélet ofrecido (1,200 g/d) deprimió el consumo total de heno de Pangola. Aunque el siguiente nivel de pélet ofrecido (900 g/d) tampoco pudo ser consumido en su totalidad (solo 758 g/d), las borregas complementaron el consumo de fibra con 124 g/d de heno para un total de pélet+heno de 882 g/d. Siendo este último valor inferior al siguiente nivel de pélet ofrecido (600 g/d) que parece ser el óptimo para un consumo total de pélet+heno de 993 g/d. Aunque, siendo el heno de Pangola de mayor calidad nutritiva que la fibra de caña de azúcar,

Cuadro 1. Consumo de heno de Pangola y fibra total por borregas Black Belly adultas ofreciendo cuatro niveles de pélets de caña de azúcar en dietas de mantenimiento

Pélet ofrecido, g/d	Pélet consumido, g/d	Heno consumido, g/d	Pélet+heno consumido
1,200	763^{a}	0^{d}	763^{c}
900	758^{a}	124^{c}	882^{b}
600	578^{b}	415^{b}	993^{a}
300	298^{c}	633^{a}	931^{ab}
EEM	15.5	10.3	17.6

EEM= Error Estándar de la Media.
Diferente literal en la misma columna indica diferencia Tukey ($P \leq 0.05$)

Se espera mejor GDP en los tratamientos con mayor consumo de heno de Pangola. Como se observa en el Cuadro 2, Los mayores pesos y GDP se obtienen en los tratamientos con mayor consumo de heno de Pangola y menor consumo de pélets de caña de azúcar.

Cuadro 2. Pesos corporales y ganancias diarias de peso de corderas Black Belly consumiendo niveles crecientes de pélets de fibra de caña de azúcar en dietas de mantenimiento

Pélet ofrecido, g/d	Peso Inicial, kg	Peso Final, kg	GDP, g
300	39.2^{a}	39.8^{a}	100.6^{a}
600	39.1^{a}	39.6^{ab}	73.2^{a}
900	38.4^{ab}	38.5^{bc}	67.6^{ab}
1,200	37.1^{b}	37.5^{c}	18.2^{b}
EEM	1.43	1.40	35.57

EEM= Error Estándar de la Media.
Diferente literal en la misma columna indica diferencia Tukey ($P \leq 0.05$)

La Figura 1 muestra el conteo de protozoarios por nivel de inclusión de pélet en la dieta. La población de protozoarios no muestra tendencia clara a modificarse por incremento en la inclusión de pélets de fibra de caña de azúcar en la dieta. Dietas con menor consumo de pélets se esperaba con mayor conteo de protozoarios por ser más digestibles y dietas con mayor consumo de pélets se esperaba con menor conteos de protozoarios por ser menos digestibles. Sin embargo, la variación en el conteo no permitió observar alguna tendencia. Quizás mediciones de volumen ruminal ayuden a explicar el efecto del nivel de fibra peletizada de caña de azúcar sobre la dinámica poblacional de los protozoarios ruminales.

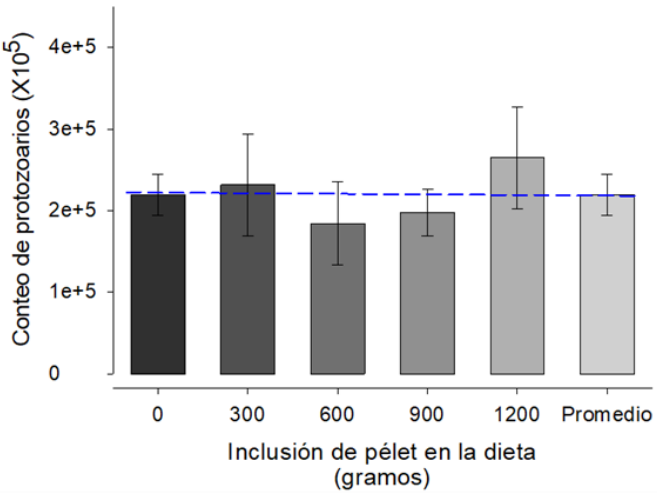


Figura 1. Conteo de protozoarios en liquido ruminal con relación a la cantidad de pellet de caña de azúcar incluido en la dieta.

Conclusiones

El conteo poblacional de protozoarios ruminales en borregas Black Belly no se modifica con la inclusión de fibra de caña de azúcar peletizada en la dieta de borregas Black Belly.

Agradecimientos

A Tampico Renewable Energy, S.A.P.I. DE C.V. Por proporcionar los pélets Novafibra® utilizados.

Referencias bibliográficas

1. Bach A, S Calsamiglia, M D Stern. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. J Dairy Sci 88 (E. Suppl.), E9-E21.
2. Beauchemin, K. A., and W. Z. Yang. 2005. Effects of Physically Effective Fiber on Intake, Chewing Activity, and Ruminal Acidosis for Dairy Cows Fed Diets Based on Corn Silage. Journal of dairy science 88:2117-2129.

APROVECHAMIENTO DE *PTERYGOPLICHTHYS* SPP. MEDIANTE ENSILADO ÁCIDO EN DIETAS PARA GALLINAS PONEDORAS: IMPACTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO.

Aureliano Juárez[1], Juan C. Cuellar[1], Guillermo Salas[1], Ernestina Gutiérrez[1], Gerardo Ordaz[2]*

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-UMSNH, Mexico. [2]CENID Fisiología, INIFAP, México.

*Autor para correspondencia: ordaz.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: avicultura, sostenibilidad, materias primas alternas, economía circular.

Introducción

La expansión de *Pterygoplichthys* spp., pez exótico invasor de origen sudamericano, ha causado impactos ecológicos y económicos negativos en ecosistemas dulceacuícolas de América, Asia y África. Su alta capacidad reproductiva y adaptabilidad lo han convertido en una amenaza para especies nativas y la pesca artesanal. Como alternativa de manejo, la economía circular propone transformar esta biomasa invasora en insumos útiles (Marr et al., 2024). El ensilaje ácido de pescado (EAP), elaborado con subproductos pesqueros, ha demostrado ser una fuente proteica viable para animales monogástricos, con efectos positivos en el rendimiento productivo y la calidad del producto final, además de reducir la dependencia de insumos convencionales como la soya y la harina de pescado (Madage et al., 2015). Dada la abundancia y composición nutricional de *Pterygoplichthys* spp., su inclusión en dietas avícolas puede representar una estrategia sostenible y funcional. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de diferentes niveles de inclusión de EAP sobre el desempeño productivo y la calidad del huevo en gallinas ponedoras.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en las instalaciones del sector avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tarímbaro, Michoacán, México.

Producción del ensilado ácido de pescado

Se elaboró ensilado ácido a partir de *Pterygoplichthys spp.* utilizando pescado entero molido de acuerdo con la metodología propuesta por Raa et al. (1982). Se adicionó ácido fórmico (2.35 L/100 kg de masa) para inducir fermentación controlada, agitando la mezcla diariamente por 15 días a temperatura ambiente. Una vez estabilizado el pH entre 4.0 y 4.5, el producto fue almacenado en recipientes herméticos. Para su uso en las dietas experimentales, el ensilado se deshidrató mediante adsorción con salvado de trigo, secado a sombra durante siete días, y posterior molienda para homogeneizar su textura. Esta metodología de producción y acondicionamiento del ensilado ácido permitió preservar la calidad nutricional del pescado (EM 2.95 Mcal/kg, PC, 51.20%, MS 34.33%, Ca 7.75% y P 5.36%),

Procedimiento experimental

Se utilizaron 60 gallinas Rhode Island Red de 35 semanas de edad, alojadas individualmente en jaulas tipo batería. Las aves fueron asignadas aleatoriamente a cuatro tratamientos dietéticos: una dieta control sin EAP y tres dietas con inclusiones del 6%, 12% y 18% de EAP, sustituyendo parcialmente fuentes proteicas convencionales. Todas las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas, formuladas de acuerdo con los requerimientos del NRC (1994) (Tabla 1).

Tabla 1. Aporte nutricional estimado de las dietas experimentales.

	Nivel de inclusión de ensilado de *Hypostomus spp., %*			
	0 (control)	**6**	**12**	**18**
Energía metabolizable, Mcal/kg	2.88	2.87	2.86	2.85
Proteína cruda, %	17.6	17.8	17.7	17.5
Calcio, %	3.7	3.6	3.6	3.5
Fósforo total, %	0.85	1.05	1.30	1.50
Lisina, %	0.82	0.83	0.85	0.86
Metionina, %	0.31	0.33	0.35	0.37
Treonina, %	0.65	0.67	0.66	0.64
Triptófano, %	0.21	0.22	0.22	0.21

El peso corporal de cada gallina fue monitoreado semanalmente utilizando una báscula digital. El consumo de alimento se calculó como la diferencia entre la cantidad ofrecida y el alimento rechazado. La ganancia

de peso semanal (GPS) se determinó con la fórmula: $GPS = P_f - P_i$, donde P_f = Peso final y P_i = Peso inicial. A su vez, el índice de conversión alimenticia (ICA) se estimó dividiendo el consumo total de alimento (g) entre la ganancia de peso corporal, es decir: $ICA = (Consumo\ de\ alimento, g)/(P_i - P_f)$.

Se evaluaron cincuenta y dos huevos de cada tratamiento. Cada huevo se consideró como una muestra, y la media para cada tratamiento se calculó a partir de las mediciones. Se peso el huevo completo (g) y sus porciones de yema (g), albumina (g) y cascaron (g). Así mismo se determino es espesor del cascaron (mm). El índice de forma del huevo (%) se calculó como la relación entre la altura y la anchura de los huevos utilizando un vernier digital y la superficie del huevo (cm^2) se calculó a partir de la ecuación $P_s = 4.835 * PH^{0.662}$, donde *PH* = peso del huevo (g) La altura de la albúmina se midió utilizando un vernier digital. La puntuación Haugh se calculó a partir de la fórmula $HU = 100 * Log(AA + 7.7 - 1/7 * PH^{0.37}$, donde *AA* = altura de la albúmina (mm), *PH* = peso del huevo (g).

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron con SAS versión 9.4. Los datos fueron analizados por ANOVA a través de mediciones repetidas con PROC MIXED. La gallina representó la unidad experimental en el modelo. Los efectos del tratamiento, semana y su interacción fueron evaluados en términos de consumo de alimento peso corporal de la gallina, ganancia de peso y producción de huevos. Los indicadores de calidad del huevo se evaluaron mediante ANOVA con PROC GLM. Se evaluaron los efectos del grupo, semana y su interacción. Las diferencias entre las medias se determinaron mediante el método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans), con α ≤ 0.05. Los valores se representan como media de mínimos cuadrados ± EEM.

Resultados y discusión

Durante las 13 semanas de evaluación, la inclusión de EAP en las dietas afectó (p<0.05) múltiples indicadores productivos en gallinas ponedoras. El consumo de alimento aumentó progresivamente con el nivel de inclusión, siendo mayor en el grupo con 12% de EAP (127.67 g/ave/día), lo que coincide con un incremento en el peso corporal final observado en los tratamientos con 12% y 18% de inclusión (1914.5 y 1904.0 g), en comparación con el control (Tabla 2). Aunque todos los grupos presentaron pérdida de peso neta durante el periodo, esta fue menor (p<0.05) en el tratamiento con 12% (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto del nivel de inclusión de ensilado ácido de pescado en variables productivas en gallinas ponedoras

	Nivel de inclusión de ensilaje de pescado, %				
Indicator	Control	6.0	12.0	18.0	EEM
Consumo alimento, g	105.46	113.81	127.67	116.38	0.116
Peso vivo inicial, g.	1940.2	1937.5	1916.2	1934.0	0.514
Peso vivo final, g.	1819.2	1865.4	1914.5	1904.0	0.486
Cambio de peso, g.	-121.2	-68.7	-1.6	-33.3	0.443
Huevos /gallina/semana	4.7^{a}	5.0^{ab}	5.6^{d}	5.1^{b}	0.007
Producción de huevos, %	66.94^{a}	72.72^{b}	82.08^{c}	73.88^{b}	0.108
Masa de huevos, g/gallina/día	38.09^{a}	44.97^{b}	49.32^{c}	44.37^{b}	0.073
ICA, kg/kg	2.73^{a}	2.53^{b}	2.59^{b}	2.63^{c}	0.006

EEM=Error estándar de la media; ICA=índice de conversión alimenticia.
Literales a,b,c = indican diferencias dentro de fila (p<0,05).

Estos efectos podrían atribuirse a una mayor biodisponibilidad de aminoácidos esenciales como lisina, leucina y valina presentes en el EAP, los cuales son clave para la síntesis de tejidos reproductivos y el desarrollo folicular en gallinas ponedoras (Macelline et al., 2021). Asimismo, la fermentación del pescado con ácido fórmico genera péptidos de bajo peso molecular con alta digestibilidad, que son absorbidos eficientemente mediante transportadores como PepT1 (Cruz-Casas et al., 2021).

La postura de huevos por ave por semana fue superior (p<0.001) en el grupo con 12% de EAP (5.6 huevos), seguido por 18% y 6%, siendo el grupo control el más bajo (Tabla 3). De forma similar, el índice de postura alcanzó su valor más alto con 12% de EAP (82.08%), comparado con 66.94% en el grupo control. La masa de huevo producida también fue mayor con 12% de EAP (49.32 g/ave/día). La presencia de péptidos bioactivos derivados del pescado fermentado puede haber contribuido a estos resultados, dada su capacidad para modular la respuesta inmune, reducir el estrés oxidativo y favorecer la redistribución de energía hacia funciones reproductivas (Chaklader et al., 2023). Adicionalmente, la acidificación del medio

digestivo por residuos de ácido fórmico mejora la solubilidad de minerales clave como calcio y fósforo, esenciales para el metabolismo reproductivo.

En cuanto a la calidad del huevo, se observó un aumento ($p<0.05$) en el peso del huevo en todos los tratamientos con EAP, alcanzando su valor máximo con 6% de inclusión (61.82 g) frente al control (56.93 g). También se incrementaron el peso y espesor del cascarón, así como la superficie y el índice de forma del huevo, especialmente en los grupos con 12% y 18% de EAP (Tabla 3). Estos resultados podrían explicarse por una mayor absorción intestinal de minerales como calcio, fósforo y zinc, facilitada por el ambiente ácido del tracto digestivo (Nys & Guyot, 2011).

Tabla 3. Efecto del nivel de inclusión de ensilaje ácido de pescado sobre los parámetros de calidad interna y externa del huevo en gallinas ponedoras

	Nivel de inclusión de ensilaje de pescado, %				
Calidad del huevo	Control	6.0	12.0	18.0	EEM
Peso del huevo, g	56.93^{a}	61.82^{b}	60.08^{c}	60.05^{c}	0.055
Peso del cascaron, g	4.6^{a}	5.0^{b}	5.0^{b}	4.8^{c}	0.005
Espesor de cascaron, mm	0.33^{a}	0.35^{b}	0.34^{c}	0.34^{c}	0.001
Superficie del huevo, cm^2	68.8	71.65	71.54	72.70	0.043
Índice de forma, %	74.03^{a}	74.09^{a}	74.52^{b}	74.40^{b}	0.032
Peso de la albumina, g	31.03^{a}	35.69^{b}	33.70^{c}	33.29^{d}	0.047
Altura de la albumina, mm	7.30^{a}	7.60^{b}	7.80^{c}	8.00^{d}	0.001
Peso de la yema, g	15.71^{a}	15.79^{ab}	15.92^{b}	15.28^{c}	0.013
Altura de la yema, mm	15.00^{a}	15.01^{a}	14.98^{a}	16.02^{b}	0.018
Unidades Haugh	68.54^{a}	73.83^{b}	71.35^{c}	70.20^{d}	0.062

EEM=Error estándar de la media.
Literales a,b,c = indican diferencias dentro de fila ($p<0,05$).

En la calidad interna, el peso y la altura de la albúmina aumentaron con la inclusión de EAP, lo que se tradujo en mayores valores de unidades Haugh, destacando el tratamiento con 6% (73.83) frente al control (68.54). Esta mejora se asocia a una mejor estabilidad estructural de la albúmina, posiblemente relacionada con una menor oxidación de proteínas y una síntesis más eficiente de ovoalbúmina y ovotransferrina en el hígado (Obianwuna et al., 2022). No obstante, la pigmentación de la yema no mostró diferencias entre tratamientos, lo cual se atribuye a la escasa presencia de carotenoides en el EAP, en contraste con ingredientes como el maíz o la alfalfa.

Conclusión

El uso de EAP es una alternativa nutricionalmente viable y funcional en la alimentación de gallinas ponedoras. Su inclusión en dietas isoproteicas e isoenergéticas no compromete el desempeño productivo ni la calidad del huevo, y aporta beneficios en términos de eficiencia alimentaria, lo que lo posiciona como un insumo prometedor dentro de esquemas de producción sostenible y economía circular.

Referencias bibliográficas

1. Chaklader et al. (2023). Fish waste to sustainable additives: Fish protein hydrolysates alleviate intestinal dysbiosis and muscle atrophy induced by poultry by-product meal in Lates calcarifer juvenile. *Front. Nutr.*, 10, 1145068.
2. Cruz-Casas et al. (2021). Enzymatic hydrolysis and microbial fermentation: The most favorable biotechnological methods for the release of bioactive peptides. *Food Chem. Mol. Sci.*, 3, 100047.
3. Madage et al. (2015). Fish Silage as Replacement of Fishmeal in Red Tilapia Feeds. *J. Appl. Aquacult.*, 27(2), 95–106.
4. Malenica et al. (2023). Sustainable Management and Valorization of Agri-Food Industrial Wastes and By-Products as Animal Feed: For Ruminants, Non-Ruminants and as Poultry Feed. *Sustainability*, 15(1), 117.
5. Marr et al. (2024). Estimating the potential distribution range of the invasive South American suckermouth armoured catfishes Pterygoplichthys spp. in the Indo-Burma biodiversity hotspot using MaxEnt. *Aquat. Conserv.*, 34(5), aqc.4173.
6. NRC (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th ed. Natl. Acad. Press.
7. Nys & Guyot (2011). In *Improving the Safety and Quality of Eggs*, Vol. 1, 83–132.
8. Obianwuna et al. (2022). Natural products of plants and animal origin improve albumen quality of chicken eggs. *Front. Nutr.*, 9, 875270.
9. Raa et al. (1982). Fish silage: A reveiw. *Food Sci. Nutr.*, 16(4), 383–419

.

CALIDAD DE HUEVO DE GALLINAS BOVANS WHITE ALIMENTADAS CON DIETAS DIFERENCIADAS.

María G. Zambrano-Velasco[1], Juan M. Cuca-García[†], Arturo Pro-Martínez[1*], Fernando González-Cerón[2], José G. Herrera-Haro[1], Omar Hernández-Mendo[1], Diego Zárate-Contreras[1], Benito Bello-Olivera[2]

[1]Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

[2]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia aproma@colpos.mx

Palabras clave: necesidades nutrimentales, formación de huevo, grosor de cascarón.

Introducción

Las necesidades nutricionales de las gallinas de postura en términos de aminoácidos, energía, calcio y fósforo varían a lo largo del día, proceso relacionado con el ciclo de formación del huevo (Bryden *et al.*, 2021). La formulación de dietas con niveles constantes de nutrientes durante todo el día puede resultar ineficiente, ya que no se ajusta a los requerimientos específicos que tiene la gallina en las diferentes fases del proceso de ovoposición (Leeson y Summers, 2005).

Durante el proceso de formación de huevo, la síntesis de albúmina sucede principalmente en las primeras horas del día, mientras que la formación del cascarón que implica una alta demanda de calcio (Ca) ocurre durante la noche, cuando las gallinas no consumen alimento. Se ha observado que el fósforo (P) dietético inadecuado puede ocasionar la desmineralización del esqueleto de la gallina de postura. Por ello, es necesario tomar en cuenta la relación entre Ca:P en la dieta, ya que los altos niveles de P pueden interferir con la absorción de Ca del intestino, lo que reduce la calidad del cascarón. Cuando la cantidad de P es deficiente afecta la calidad del cascarón, producción y tamaño del huevo e incrementa la excreción de Ca en orina. Al contrario, el exceso de P disminuye la densidad del cascarón, producción y calidad de huevo.

En consecuencia, existen estrategias de alimentación para mejorar la utilización de los nutrimentos, en relación con el tiempo en que se forma el huevo. Para optimizar la utilización de los nutrientes, se han desarrollado sistemas de alimentación diferenciada, los cuales consideran la etapa fisiológica del ave y la secuencia de formación del huevo. Por lo anterior, una estrategia nutricional eficiente consiste en suministrar una dieta alta en energía y proteína por la mañana, y una dieta con alta concentración de calcio por la tarde, para cumplir con la demanda durante la síntesis de componentes del huevo. Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad del huevo en gallinas Bovans White de 52 semanas de edad, alimentadas con una dieta convencional con respecto a un sistema de alimentación diferenciada.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27′ 47″ latitud norte y 98° 54′ 27″ longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. En este estudio se cumplió con la Guía de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación aprobada por el Consejo Académico General del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México (2019).

A 160 gallinas Bovans White de 52 semanas de edad se le asignaron dos dietas experimentales, la primera, una dieta convencional (DCL) y la segunda una dieta diferenciada (DDF), ambas con base en sorgo-pasta de soya. Cada dieta se ofreció a 10 unidades experimentales, de ocho gallinas cada una. El período de evaluación fue de 24 semanas, con dos semanas de adaptación. Las DCL y DDF se suministraron durante 16.5 h al día. En relación con la DDF, se distribuyó una dieta en la mañana (DDFM) de las 7:00 a las 13:45 h y la dieta de la tarde (DDFT) de las 14:00 a 7:00 h.

El contenido nutrimental de la DCL fue de 2750 kcal de energía metabolizable (EM)/kg de alimento, 16.5% de proteína cruda (PC), 4.0% de calcio (Ca) y 0.3% de fósforo disponible (PD), mientras que el contenido nutrimental de la DDFM fue de 2950 kcal de EM/kg de alimento, 19.5% de PC, 2.0% de Ca y 0.3% de PD, y la DDFT con 2600 kcal de EM/kg de alimento, 15.5% de PC, 5.38% de Ca y 0.16% de PD. El agua y el alimento se ofrecieron a libertad. El alimento sobrante en la mañana y la tarde siempre se retiró antes de ofrecer la dieta correspondiente.

En las semanas 60, 68 y 76 de edad de las aves, se seleccionaron aleatoriamente 40 huevos de cada tratamiento para evaluar: peso del huevo (PH), altura de albúmina (AA), unidades Haugh (UH), grosor de cascarón (GC) y peso de cascarón (PCAS).
Los huevos se pesaron con una balanza electrónica (Modelo L-EQ-5/10, Torrey, México), la AA y PCAS se determinaron, utilizando el equipo Egg Multi Tester (QCM System, Technical Services and Supplies, Dunnington, Reino Unido). Para calcular las UH, se utilizó la siguiente fórmula: UH= 100*log(H-1.7W^0.37+7.6). Para medir el GC se extrajeron las membranas internas del huevo y se realizaron tres mediciones (polo superior, medio e inferior), con un tornillo micrométrico marca Mitutoyo.
Las variables fueron analizadas mediante el procedimiento lineal generalizado (GLM), como un diseño completamente al azar (SAS, 2014). Las medias de los tratamientos fueron comparadas con la prueba de Tukey, con una significancia de $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión
En las características de PH, AA y PCAS no se observó efecto por sistema de alimentación ($P > 0.05$). Por otra parte, las aves alimentadas con DDF registraron ($P \leq 0.05$) un valor superior (2.18) en las UH, pero una disminución en el GC (0.02 mm; Cuadro 1).
Cuadro 1. Calidad física de huevo en gallinas Bovans White de 60 a 76 semanas de edad, alimentadas con una dieta convencional y dietas diferenciadas.

Variable de calidad física	DCL	DDF	EEM	*P*-valor
PH (g)	60.51	60.71	0.5611	0.8068
AA (mm)	7.49	7.81	0.1177	0.058
UH	85.65^{b}	87.83^{a}	0.7173	0.0445
GC (mm)	0.37^{a}	0.35^{b}	0.0033	≤0.0001
PCAS (g)	6.51	6.32	0.0787	0.0864

^{a,b}Literales distintas dentro de cada fila indican diferencia significativa ($P \leq 0.05$). EEM= error estándar de la media. DCL= dieta convencional, DDF= dietas diferenciadas, PH= peso de huevo, AA= altura de albúmina, UH= unidades Haugh, GC= grosor de cascarón, PCAS= peso de cascarón.

El aumento en las UH, con DDF indica una mejor calidad interna del huevo, atribuida a una sincronización precisa de utilización de los nutrientes con las fases de formación del huevo, al incluir una dieta matutina alta en energía y proteína durante la síntesis del albumen. Wu et al. (2007) observaron que un aumento en la densidad nutrimental de la dieta (mayor energía y proteína) también mejora significativamente las UH, con valores de 70.07 UH, estos resultados ayudarían a prolongar la vida útil del huevo y responder a las demandas de calidad del consumidor.
Con respecto a la reducción en el GC del huevo de gallinas Bovans White alimentadas con DDF puede tener implicaciones negativas. Molnár et al. (2017) encontraron que la alimentación diferenciada no mejoró la calidad de huevo significativamente al suministrar dos diferentes fuentes de Ca de forma diferenciada y recomiendan restringir la piedra caliza por la tarde para mejorar la calidad del cascarón en gallinas ponedoras de segundo ciclo. Un cascarón más delgado compromete la resistencia física del huevo, aumentando la susceptibilidad a grietas y roturas. Asimismo, representa una disminución en la efectividad de la barrera antimicrobiana natural del cascarón, favoreciendo una mayor permeabilidad a contaminantes externos por bacterias como *Salmonella spp.* Por tanto, aunque la DDF mejoró significativamente las UH, la disminución en el GC indica que es necesario realizar ajustes que permitan mantener al mismo tiempo la calidad interna y externa del huevo.

Conclusión
Se concluye que la estrategia de alimentación diferenciada puede modificar las unidades Haugh y el grosor de cascarón, lo que representa una alternativa para optimizar la eficiencia alimenticia. Se sugiere realizar estudios para evaluar la biodisponibilidad del calcio, así como el ajuste con el ritmo circadiano en el proceso de formación del huevo.

Agradecimientos y fuente financiadora
El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por el financiamiento de la presente investigación. Este

estudio, es parte de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Leeson, S., & Summers, J. D. (2005). Commercial Poultry Nutrition (3rd ed.). Guelph, Ontario: University Books. 416 pp.
2. Molnár, A., Maertens, L., Ampe, B., Buyse, J., Zoons, J., & Delezie, E. (2017). Supplementation of fine and coarse limestone in different ratios in a split-feeding system: Effects on performance, egg quality, and bone strength in old laying hens. Poultry Science, 96(6):1659-1671.
3. SAS Institute Inc. (2014). SAS/STAT® 13.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
4. Bryden W. L., Li X., Ruhnke I., Zhang D., Shini S. (2021). Nutrition, feeding and laying hen welfare. Animal Production Science, 61:893-914.
5. Wu, G., Bryant, M. M., Gunawardana, P., & Roland, D. A. Sr. (2007). Effect of nutrient density on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in eight commercial Leghorn strains during phase one. Poultry Science, 86(4):691-697.

ALIMENTO PARA ABEJAS (Apis mellifera) A BASE DE TUNA (Opuntia ficus-indica spp).

Alma Citlaly López-Rubio[1]*, Leiry Desireth Romo-Medellín[2], Jessica Bravo-Cadena[2], Rosa María Sánchez-Casas[1]

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, [2]Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo

*Autor para correspondencia: acitlaly.lopez@gmail.com

Palabras clave: Apis mellifera, Opuntia ficus-indica spp, alimentación suplementaria

Introducción

La abeja europea *(Apis mellifera)*, es uno de los principales polinizadores en el mundo, esencial para la reproducción de plantas de frutas, verduras. Además de su importancia como polinizadora, la abeja melífera destaca por su producción de miel, la cual aporta antioxidantes y propiedades antibacterianas *(Torres-de los Santos et al. 2025).*

La alimentación suplementaria es indispensable en épocas de escasez o invernales, para lograr una supervivencia de las colmenas, resistencia a enfermedades y capacidad de resurgimiento para la próxima primavera *(Montero et al., 2012).*

El nopal *(Opuntia ficus-indica spp.)* es una buena alternativa para un alimento suplementario, ya que es de fácil obtención y de amplia disponibilidad en muchas regiones de México y durante todo el año; además de que su color, olor y sabor es atractivo para las A. mellifera, haciéndolas el polinizador principal de la flor de tuna *(Tenorio-Escandón et al., 2022).*

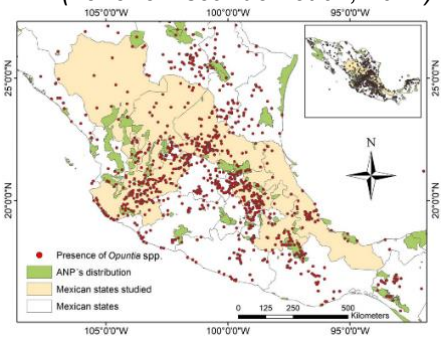


Figura 1. Distribución de Opuntia spp en México (señalados con rojo) (Fuente: *A Systematic Review on Opuntia (Cactaceae; Opuntioideae) Flower-Visiting Insects in the World with Emphasis on Mexico: Implications for Biodiversity Conservation, 2022*)

El objetivo de esta investigación es crear un alimento suplementario para abeja melífera que tenga una disponibilidad continua a lo largo de todo el año, además de evaluar su aceptación y respuesta por parte de las abejas melíferas, a la vez que sea de bajo costo y no genere desperdicios, manteniendo un enfoque de sustentabilidad en el proceso.

Materiales y métodos

El alimento fue realizado en el Laboratorio del Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo. Posteriormente, se trasladó al municipio de Nopala de Villagrán, en dónde se facilitó el acceso a colmenas para evaluar la aceptación de las poblaciones de abejas.

Para preparar el alimento se obtuvieron las tunas, las cuales se pesaron y lavaron, para después retirar la cáscara y licuarlas, obteniendo el jugo y separando de este las semillas y pulpa de estas. El jugo se llevó a la estufa para concentrar, llevándolo a 30° Brix, lo cual se midió con ayuda de un refractómetro.

Para la harina de semilla de tuna, al ser separada del jugo, se llevó a secar al aire libre, dejándose un día entero. Ya completamente seca, se molió para obtener una harina, la cual se pasó por un tamiz con abertura de 707 micrones para que fuera lo más fina posible. La pulpa se obtuvo pasando el jugo licuado a través de una manta cielo y se separó de este.

Se prepararon 3 dietas diferentes, para probar la palatabilidad de las abejas.
Para el *Alimento 1*:

- 684.9 gr harina de semilla de tuna
- 13.7 gr de orégano molido
- 287.7 ml de jugo concentrado de tuna
- 291.2 gr de azúcar mascabado

Para el *Alimento 2*:

- 684.9 gr de harina de semilla de tuna
- 3.6 gr de orégano molido
- 287.7 ml de jugo concentrado de tuna
- 291.2 gr de azúcar mascabado

Para ambos alimentos, el procedimiento fue el mismo: Se agregaron los ingredientes secos al jugo de tuna concentrado, con la diferencia de que en el tratamiento 1 el azúcar se agregó como ingrediente seco y en el alimento 2, se caramelizó previo a la mezcla y se agregó como ingrediente líquido al jugo antes de ser incorporados la harina de semilla y el orégano. Además, se redujo la cantidad de orégano en mezcla debido a que el sabor de este era demasiado fuerte en el primer alimento.

Para el *Alimento 3*:

- 180 ml de jugo concentrado de tuna
- 242 gr de pulpa de tuna
- 428 gr de harina de semilla de tuna

Para este último alimento, se utilizaron solo los productos de la tuna aprovechando al máximo la fruta, dejando como endulzante natural la pulpa de esta. Se destacó además de esta mezcla, la hidratación de la torta.

Todos los alimentos fueron formados en tortas en tira, las cuales se cubrieron con papel encerado para fácil manejo y se colocaron en las colmenas sobre los bastidores. Las abejas al alimentarse de estas tortas descartaron el papel encerado.
Se utilizaron 15 colmenas experimentales; 5 para cada uno de los alimentos, para poder determinar la palatabilidad de cada una de las formulaciones.

Resultados y discusión

En el siguiente cuadro, se muestra la palatabilidad de cada colmena respecto al alimento aplicado en ellas.

	Muestra 1 (31.5)					Muestra 2 (29.5)					Muestra 3 (31.5)				
Colmenas	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5
Día 1 (%)	10	20	40	80	10	50	50	50	50	10	50	100	100	60	100
Día 4	90	80	50	70	80	70	20	80	10	20	90	100	90	20	100
Día 6	90	100	40	100	90	100	80	80	100	80	100	100	100	100	100
Día 9	100	100	100	100	50	100	40	100	100	50	100	100	100	100	100

Cuadro 1. Palatabilidad de las 3 formulaciones de alimento.

Los resultados de la tabla, igualmente se convirtieron a gráfica para un monitoreo de mayor facilidad.

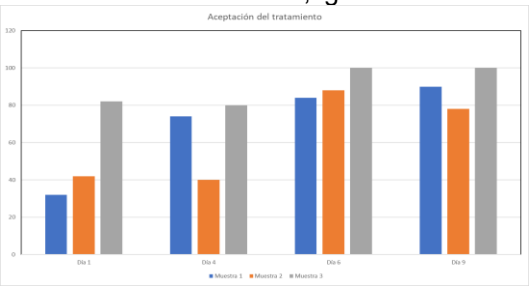


Figura 2. Palatabilidad de las formulaciones graficada.

Los resultados arrojados en la investigación nos demostraron una mayor aceptabilidad por la formulación de alimento número 3.
Según *(Tenorio-Escandón et al., 2022)*, la Opuntia es atractiva por su aroma y sabor, además que su presencia es amplia en el estado de Hidalgo, por lo cual, nuestro proyecto se alinea con el autor debido a que el alimento ofrecido a las colmenas fue recibido positivamente y palatable para las abejas.
Por otro lado, *(Siza, 2022)* nos dice que la forma más eficiente de ofrecer un alimento suplementario es sobre los bastidores, lo cual demuestra que aumenta el consumo de un 20-35% de alimento, el cual se alinea con nuestra investigación, debido a que las abejas ingirieron este alimento de una forma muy intuitiva hasta terminárselo.

Conclusiones

Se concluye en esta investigación que se logra crear un alimento suplementario para abeja melífera que es palatable y con un nivel de aceptación alta. Se utilizó la tuna casi en su totalidad, dejando de lado solamente la cáscara, logrando así un aprovechamiento alto con el enfoque sustentable a un bajo costo y de fácil acceso.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se extiende el agradecimiento tanto a la Universidad Autónoma de Nuevo León como al Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo por hacer posible esta vinculación académica para realizar esta importante investigación que pretende ser de impacto ecológico y productivo en los apiarios encargados de la crianza de abejas melíferas para producción de miel.
El estudio fue resultado del autofinanciamiento, asimismo, se agradece al Instituto Tecnológico Superior del Oriente del Estado de Hidalgo por el acceso a sus instalaciones de laboratorio y el trabajo en conjunto de las autoras que sirvió de orientación y acompañamiento académico, como el acceso al apiario en el cual se realizó la prueba de palatabilidad en las colmenas experimentales.

Referencias bibliográficas

1. Hernández-Becerra, E., de los Angeles Aguilera-Barreiro, M., Contreras-Padilla, M., Pérez-Torrero, E., & Rodriguez-Garcia, M. E. (2022). Nopal cladodes (Opuntia Ficus Indica): Nutritional properties and functional potential. *Journal of Functional Foods*, *95*, 105183. https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105183
2. Torres-de los Santos, R., Reyes-Hernández, J., Torres-Acosta, R., García-Delgado, M.A. (2025). Conceptos generales de la miel de Apis mellifera. El sector apícola en Tamaulipas: avances, retos y oportunidades, (pp. 22-41). Editorial Fontamara, S.A. de C.V. https://www.researchgate.net/profile/Hermilo-Lucio-Castillo/publication/390068959_Capitulo_2_Conceptos_generales_de_la_miel_de_Apis_mellifera/links/67de01e2fe0f5a760f868b42/Capitulo-2-Conceptos-generales-de-la-miel-de-Apis-mellifera.pdf#page=13
3. Montero, A., Martos, A., & Chura, J. (2012). Dietas artificiales en la crianza de la Abeja Melífera, Apis mellifera L. Anales Científicos, 73(1), Pág. 1-5. https://doi.org/10.21704/ac.v73i1.863
4. Tenorio-Escandón, P., Ramírez-Hernández, A., Flores, J., Juan-Vicedo, J., & Ana Paola Martínez-Falcón. (2022). A Systematic Review on Opuntia (Cactaceae; Opuntioideae) Flower-Visiting Insects in the World with Emphasis on Mexico: Implications for Biodiversity Conservation. Plants, 11(1), 131–131. https://doi.org/10.3390/plants11010131
5. Siza, M. C. (2022). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA*. https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e126724a-57ae-495c-9912-d28c3e626b51/content

HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS* L.) EN DIETAS PARA CODORNIZ Y SU EFECTO EN LA PIGMENTACIÓN.

Henrry M. Galván-González[1], Eliseo Sosa-Montes[1], Diego Zárate-Contreras[2], Arturo Pro-Martínez[2]*, María M. Crosby-Galván[2], Sergio I. Mendoza-Pedroza[2], Fernando González-Cerón[1]

[1]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México; [2]Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: aproma@colpos.mx

Palabras clave: pasta de soya, mosca soldado negra, codornices.

Introducción

La producción de insectos en la industria pecuaria es considerada una alternativa de nutrientes de alto valor nutricional en la alimentación animal, que pueden aportar cantidades de proteína, lípidos, minerales, entre otros. Uno de las más utilizados en investigaciones de nutrición de aves es la Larva de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens* L.), cuyas características de calidad y contenido de proteína, además de bajos costos de producción lo hacen excelente ingrediente que puede sustituir parcialmente fuentes de proteína en las dietas de aves como la pasta de soya, sin afectar su rendimiento productivo ni la calidad de carne o huevo (Belhadj *et al*., 2023). Sin embargo, al ser cada vez más utilizados, es necesario considerar y evaluar su efecto en aspectos de comercialización como lo es la pigmentación de la piel y carne, característica que a pesar de no tener un aporte nutricional favorece las preferencias del consumidor, y se define como un cambio en la coloración debido a la presencia de pigmentos depositados en la grasa subcutánea, determinado por el contenido e ingesta de ingredientes con concentraciones considerables de este compuesto, su aprovechamiento por el animal dependerá de factores genéticos y su estado de salud. Desde el punto de vista práctico, el único pigmento natural aprovechable es la xantofila. Muchos ingredientes usados, en la alimentación de las aves contienen xantofilas, sin embargo, solo el maíz y hojas verdes de algunas plantas contienen cantidades suficientes para producir una coloración amarillo-obscura en la piel del pollo (Cuca *et al.,* 1963). Son pocos los trabajos que evalúan el efecto de las harinas de insectos en la pigmentación de aves, es por esto que el objetivo del presente estudio fue evaluar la pigmentación de la piel y carne de codornices japonesa de machos y hembras de 35 días de edad alimentadas con Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en sustitución de 0, 50 y 100% de la proteína de pasta de soya.

Materiales y métodos

La investigación se realizó del 8 de mayo al 12 de junio del año en curso, en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27′ 47″ latitud norte y 98° 54′ 27″ longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. En este estudio se cumplió con la Guía de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación aprobada por el Consejo Académico General del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, México (2019).

Se utilizaron 288 codornices japonesas (*Coturnix coturnix japónica*) de un día de edad. Desde la eclosión, fueron asignadas completamente al azar en tres dietas tratamiento con 8 repeticiones de doce aves (mixtas: machos y hembras) cada una. Las codornices fueron alojadas en criadoras eléctricas de batería; cada jaula de 0.6 m x 0.44 m x 0.39 m de larga, ancho y alto, respectivamente (0.264 m^2), en cada espacio se alojaron 6 codornices (0.044 m^2 por ave), la temperatura inicial fue de 32 °C y se redujo 2 °C por semana hasta llegar a una temperatura de 24 ºC, esta se reguló a través de un termostato que controlaba el funcionamiento de las resistencias eléctricas. El régimen de iluminación fue de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Las aves se alimentaron con tres dietas isoproteicas e isoenergéticas en dos etapas: iniciación (del nacimiento a los 14 días de edad) con 22.0% proteína cruda (PC) kg^{-1} de alimento y 2,900 kcal de energía metabolizable (EM) kg^{-1} de alimento (la pasta de soya aporto el 17.9% de la PC en la dieta); desarrollo (del día 15 al 35 de edad) con 21.0% PC kg^{-1} de alimento y 2,850 kcal de EM kg^{-1} de alimento (la pasta de soya aporto el 16.5% de la PC en la dieta). Los tratamientos fueron los siguientes: T_1, dieta control a base de maíz amarillo y pasta de soya; T_2 dieta con la sustitución del 50% de la proteína proveniente de la pasta de soya por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN); T_3, dieta con la sustitución del 100% de la proteína de la pasta de soya por HLMSN. Cada dieta contenía aminoácidos, calcio, fósforo, minerales y vitaminas. Se proporcionó agua y alimento a libre acceso durante todo el período

experimental. Al día 35 de edad se seleccionaron 192 codornices (machos peso vivo= 145.66 g y hembras peso vivo= 139.56 g), 4 machos y 4 hembras por repetición para registrar la pigmentación en la piel del ave en la parte pectoral, posteriormente se sacrificaron de manera humanitaria de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995 para registrar la pigmentación de la piel y carne en la canal, para medir estas variable se utilizó un fotocolorímetro de reflectancia (marca dsm-firmenich Nutrición y Salud Animal, Digital YolkFan™Pro). El diseño experimental fue completamente al azar, los datos fueron analizados siguiendo el procedimiento PROC MIXED de SAS Institute Inc. (2011; versión 9.3, Cary, NC), mediante un modelo de medidas repetidas con un arreglo factorial 3 × 2 (dieta × sexo). Para la comparación de medias se utilizó un α=0.05.

Resultados y discusión

Solo en la pigmentación de la piel del pectoral en la canal de codorniz se observó diferencia significativa (P≤0.05) en el parámetro de coloración rojo-verde (a_2) registrando valores superiores en la dieta T_3 (1.01) presentando una pigmentación rojiza con respecto a la dieta T_2, otras comparaciones no fueron diferentes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Color de la piel y carne de codornices japonesas de 35 días de edad alimentadas con diferentes porcentajes Harina de Larva de Mosca Soldado Negro en sustitución de la proteína de la pasta de soya.

Efecto		Color piel (vivo)			Color piel (canal)			Color carne (canal)		
		L_1	a_1	b_1	L_2	a_2	b_2	L_3	a_3	b_3
Dieta	T_1	54.98	7.20	9.28	58.83	5.30^{ab}	13.74	44.08	9.98	5.55
	T_2	54.03	7.67	9.11	58.89	4.54^{b}	14.97	43.15	10.09	5.28
	T_3	53.49	7.37	9.03	57.39	5.55^{a}	13.59	43.58	9.95	5.55
EEM		0.45	0.32	0.41	0.59	0.31	0.62	0.45	0.24	0.20
Sexo	Macho	53.90	7.46	9.04	58.35	5.26	14.33	43.52	10.23	5.51
	Hembra	54.44	7.37	9.24	58.38	5.00	13.87	43.69	9.78	5.40
EEM		0.37	0.27	0.34	0.48	0.28	0.51	0.41	0.21	0.17
						P-valor				
Dieta		0.0579	0.5794	0.8985	0.1241	0.0077	0.1991	0.1131	0.8886	0.4915
Sexo		0.2993	0.8145	0.6655	0.9633	0.3285	0.4990	0.6497	0.0696	0.5945
Dieta × Sexo		0.4223	0.3254	0.1793	0.2714	0.6958	0.1282	0.6958	0.8199	0.0508

[abc]Literales distintas dentro de cada columna indican diferencia significativa (P≤0.05). T_1= 100% pasta de soya, T_2= 50% de la proteína de pasta de soya sustituida por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN), T_3= 100% HLMSN. L= luminosidad. a= rojo-verde. b= azul-amarillo.

Resultados similares fueron reportados por Schiavone et al. (2019) mencionando que la inclusión en la dieta en aves con 10% de LMSN aumentó el parámetro a* y el contenido proteico del músculo; con una suplementación del 15%, b* se redujo. Por otra parte, Shengyong et al. (2022) reportaron que el color rojo más alto puede deberse a la acumulación de pigmentos en la harina de insectos que son asimilados por el animal y se reflejan en la carne. Belhadj Slimen et al. (2023) reportaron en codornices para producción de carne, que la Harina de Larvas desgrasada puede sustituir entre 29 y 58% la pasta soya de la dieta sin modificar el rendimiento productivo, mortalidad, digestibilidad de nutrientes, características de la canal ni la calidad de la carne.

Conclusiones

La Harina de Larva de Mosca Soldado Negra puede sustituir parcial o totalmente la proteína aportada por la pasta de soya en dietas para codorniz sin afectar la pigmentación de la carne, pero sí la de la piel variando a coloraciones ligeramente rojizas.

Agradecimientos y fuente financiadora
El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al PREGEP-Ganadería Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados por el financiamiento de la presente investigación. Este estudio, es parte de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Belhadj S., Yerou H., Ben L., M'Hamdi N. y Najar T. (2023). Insects as analternative protein source for poultry nutrition: a review. Frontiers in Veterinary Science. 10(1):1-15. doi: 10.3389/fvets.2023.1200031.
2. Cuca M. Pino J. A. y Mendoza C. (1963). El uso de pigmentos en la alimentación de las aves. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 2:39-42.
3. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
4. Schiavone A., Dabbou S., Petracci M., Zampiga M., Sirri F., Biasato I., Gai F., Gasco L. Harina desgrasada de mosca soldado negra como fuente de proteína dietética para pollos de engorde: Efectos en las características de la canal, la calidad y la seguridad de la carne de pechuga. Animal.13(10):2397-2405. doi: 10.1017/S1751731119000685.
5. Shengyong L., Nittaya T., Weerada M., Jariya S., Boontum S., Thakun S., Pawinee A., Sorasak T., Siwaporn P., Rayudika A., Pramote P. (2022). Composición nutricional de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L.) y sus posibles usos como fuentes alternativas de proteínas en dietas animales: una revisión. Insects. 13(9):1-17. doi: 10.3390/insects13090831.

.

ENERGÍA Y NUTRIENTES METABOLIZABLES DE LA HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS L.*) EN CODORNICES JAPONESAS.

Eduardo Vences-Macedo[1], Eliseo Sosa-Montes[2], Arturo Pro-Martínez[1], César Gamboa-Ramírez[1], Juan F. García-Trejo[3], Benito Bello-Olivera[2], Diego Zárate-Contreras[1]*.

[1] Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
[2] Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México;
[3] Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Amazcala, Querétaro, México.

*Autor para correspondencia: zarate.diego@colpos.mx

Palabras clave: insectos, metabolismo, codorniz.

Introducción

La inclusión de insectos como la Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens L.*) en la alimentación de aves está surgiendo como una alternativa prometedora, ya que en investigaciones anteriores realizadas se ha demostrado que este insecto es capaz de transformar desechos orgánicos en materias primas, siendo una fuente rica en proteínas (40-44% proteína cruda), lípidos y minerales (Liu *et al.,* 2025), la cual puede sustituir otros ingredientes proteicos como la pasta de soya en dietas para aves. Así como existe el concepto de energía metabolizable, también se puede hablar de proteína, grasa, fibra, carbohidratos, y cualquier otro nutriente metabolizable, los cuales son distintos en cada especie animal. Estos nutrientes metabolizables pueden expresarse en cal/g, en %, o por g de alimento consumido. El análisis de la energía metabolizable aparente (EMA) y otros nutrientes de las materias primas es indispensable para establecer su uso en la alimentación de las aves, determinando la capacidad que tiene el animal para aprovechar los nutrientes de una dieta. La proteína y la energía representan cerca del 90% de los costos en la alimentación de las aves, y la composición química y el contenido de EMA de los ingredientes afectan el comportamiento productivo de las codornices. El objetivo del presente estudio fue determinar la energía y los nutrientes metabolizables aparentes de la harina de larva de Mosca Soldado Negra en codornices japonesas machos de 60 días de edad.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27′ 47″ latitud norte y 98° 54′ 27″ longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. Se utilizaron 20 codornices machos de 60 días de edad, distribuidas en 2 tratamientos, T_1 dieta basal (maíz-soya) con 4 repeticiones (2 aves por repetición), en el caso de T_2 (75% de la dieta basal maíz-soya + 25% de harina de larva de MSN) se utilizaron 6 repeticiones (2 aves por repetición). Las codornices fueron alojadas por repetición en jaulas de 40 x 50 x 40 cm durante 10 días, utilizando 4 días de acostumbramiento a las dietas y 6 días para la medición de consumo de alimento y recolección de heces cada 24 horas utilizando el método de recolección total de excretas retirando las impurezas con una pinza. Cada día se ofrecieron 60 g de alimento por repetición y el agua se proporcionó a libre acceso. Las aves fueron sometidas a luz natural y la temperatura fue controlada por medio de cortinas laterales en la nave, manteniendo una temperatura ambiente entre 20 y 23 °C. En este estudio se cumplió con la Guía de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación aprobada por el Consejo Académico General del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México (2019). Las excretas recolectadas se colocaron en bolsas herméticas de plástico y se almacenaron en un congelador a -4 °C. Posteriormente, se pasaron a una estufa de secado a 60 °C donde se tuvieron durante 48 horas para eliminar por completo la humedad contenida y obtener la materia seca de las heces, antes de pasarlas a la estufa para evitar pérdidas de nitrógeno, se agregó 1 mL de ácido sulfúrico 1 N por cada 10 g de excretas para obtener un pH alrededor de 5, posteriormente las muestras de las dietas y las heces se molieron en una malla con un tamaño de partícula de 0.5 mm obteniendo un polvo fino. Posteriormente, se analizaron para obtener la materia seca (MS), cenizas (CEN) y proteína cruda (PC) de acuerdo con los procedimientos del AOAC (2005) adaptados a los Laboratorios de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. La energía bruta (EB) se determinó utilizando una bomba calorimétrica. Estas determinaciones sirvieron para calcular los nutrientes metabolizables inicialmente en g/g y después en %: (nutriente en el alimento en %×consumo en g o kcal–nutriente en las excretas en %×excretas en g o kcal)/100. Los valores anteriores relacionados a la cantidad de nutrientes en el alimento consumido (100 %) sirvieron para calcular los nutrientes metabolizables en porcentaje. A partir de los resultados de T_1 y T_2

se estimaron la energía y los nutrientes metabolizables aparentes de la harina de larva de Mosca Soldado Negra. Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2011), con una prueba de Tukey con un α= 0.05.

Resultados y discusión

Se observaron diferencias significativas (P≤0.05) en los coeficientes de proteína metabolizable entre la dieta basal de maíz-soya y la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN), registrando un incremento del 23.46%. Con respecto, a la dieta donde se incluyó el 25% de la HLMSN, no se observaron diferencias con la dieta maíz-soya pero el coeficiente de proteína metabolizable incrementó en un 5.86%.

Cuadro 1. Determinación de los coeficientes de energía y los nutrientes metabolizables aparentes de las 2 dietas experimentales y de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en codornices japonesas macho de 60 días de edad.

Variable	Dieta basal Maíz-soya (n= 4)	Dieta basal con 25% de HLMSN (n= 6)	HLMSN (n= 6)	*P*-valor
Coeficiente MS (%)	72.7047 ± 1.6490	71.0104 ± 0.7584	65.9276 ± 3.0338	0.1111^{ns}
EMA (cal/g)	4247.2254 ± 231.8378	4314.9030 ± 33.3344	4517.9359 ± 133.3379	0.3552^{ns}
Coeficiente EMA (%)	80.3991 ± 4.3886	82.0240 ± 0.6336	86.8985 ± 2.5346	0.2041^{ns}
Coeficiente Cen (%)	33.0834 ± 4.1623	36.0360 ± 1.9368	44.8939 ± 7.7475	0.3263^{ns}
Coeficiente MO (%)	72.0676 ± 1.3152	69.9439 ± 0.6174	68.5728 ± 2.4698	0.0131^{ns}
Coeficiente P (%)	10.2910^{b} ± 1.0018	16.1565^{b} ± 0.7690	33.7532^{a} ± 3.0760	0.0001*

^{ab}Literales distintas dentro de cada fila indican diferencias significativas (P≤0.05); ns= no significativo; *= significativo; HLMSN= harina de larva de Mosca Soldado Negra; n= número de muestras; cal/g= calorías/gramo; MS= materia seca; EMA= energía metabolizable aparente; Cen= cenizas; MO= materia orgánica; P= proteína. Cada valor representa la media ± error estándar.

Cullere et al. (2016), reportaron un valor de 34% en el coeficiente de proteína metabolizable al agregar 15% de HLMSN a una dieta a base de maíz-soya en codornices japonesas de 10 días de edad, este valor es mayor al que se obtuvo en el presente estudio con la inclusión del 25%, esta diferencia se debe a que las codornices jóvenes tienen una mejor eficiencia de la proteína en la dieta utilizada para el crecimiento y desarrollo de sus tejidos (músculos y huesos) con respecto a codornices adultas donde solo utilizan la proteína para su mantenimiento. Asimismo, la HLMSN es un ingrediente con alto porcentaje de proteína (cerca del 46%), al agregarlo a una dieta balanceada, aumenta el porcentaje de proteína que puede ser aprovechada y metabolizada por las aves sustituyendo a cualquier otro ingrediente proteico en la alimentación animal.

Conclusiones

En conclusión, la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra es un ingrediente proteico que tiene un coeficiente de proteína metabolizable aceptable en la alimentación de codornices y puede ser utilizado en dietas.

.

Agradecimientos y fuente financiadora
El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), al PREGEP-Ganaderia del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo y a la Universidad Autónoma Chapingo por el financiamiento y apoyo recibido para la realización de esta investigación. Este estudio, es parte de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official methods of analysis. 13 Ed. 1018 pp.
2. Cordeiro, C. N., Freitas, E. R., Nepomuceno, R. C., Pinheiro, S. G., Souza, D. H., Watanabe, G. C. A., y Watanabe, P. H. 2022. Nutritional Composition, Metabolisable Energy and Total Use of Sunflower Seed Cake for Meat Quail. Brazilian Journal of Poultry Science. 24(2):2-6.
3. Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S. y Dalle Zotte, A. 2016. Mosca soldado negra como fuente de proteína dietética para codornices de engorde: digestibilidad aparente, carga microbiana en excretas, elección de alimento, rendimiento, características de la canal y de la carne. Animal. 10(12):1923-1930.
4. Liu, K., Zhang, G., Li, Y., Jiao, M., Guo, J., Shi, H., y Xia, W. 2025. Effects of feeding unprocessed whole black soldier fly (Hermetia illucens) larvae on performance, biochemical profile, health status, egg quality, microbiome and metabolome patterns of quails. Poultry Science. 104(9):105-374.
5. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

RENDIMIENTO EN CANAL DE CODORNIZ JAPONESA ALIMENTADA CON DIETAS CON HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA.

Diego Zárate-Contreras[1], Arturo Pro-Martínez[1*], Humberto Vaquera-Huerta[1], Fernando González-Cerón[2], Sergio I. Mendoza-Pedroza[1], Eliseo Sosa-Montes[2]

[1]Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México;
[2]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: aproma@colpos.mx

Palabras clave: codornices, calidad de carne, proteína cruda.

Introducción

La codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) representa una alternativa para alimentación humana, al producir carne y huevo de calidad, el interés en esta especie proviene de sus características zootécnicas, tales como, su madurez temprana (30 días de edad), gran producción de huevo (hasta 350 huevos por año), rusticidad y bajo costo de producción (Narinc *et al*., 2013). Dentro de los sistemas de producción, un factor limitante es el rendimiento en canal, la evaluación de esta variable permite identificar qué aspectos pueden mejorarse para aumentar la eficiencia y la calidad de la carne. En el caso de la codorniz, puede alcanzar rendimientos de hasta el 64% en machos y 60% en hembras, en animales sacrificados entre los 120 a 180 g. El rendimiento en canal se ve influenciado por diversos factores, tales como el sexo, la edad, la genética, las condiciones ambientales y la alimentación. Es necesaria la búsqueda de alternativas en cuanto a nutrición animal que no compitan con el ser humano por los insumos, presentando el uso de insectos una alternativa viable; algunos estudios destacan su utilización mediante harinas en sustitución parcial o total de las fuentes convencionales de proteína, tal es el caso de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN), la cual puede generar buenos resultados en relación a la tasa de crecimiento y rendimiento (Moreno *et al*., 2021). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la sustitución parcial y completa de la proteína de pasta de soya por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en dietas para codornices japonesas y su efecto en el rendimiento en canal.

Materiales y métodos

La investigación se realizó del 8 de mayo al 12 de junio del año en curso, en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27′ 47″ latitud norte y 98° 54′ 27″ longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. En este estudio se cumplió con la Guía de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación aprobada por el Consejo Académico General del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, México (2019).

Se utilizaron 288 codornices japonesas (*Coturnix coturnix japónica*) de un día de edad. Desde la eclosión, fueron asignadas completamente al azar en tres dietas tratamiento con 8 repeticiones de doce aves (mixtas: machos y hembras) cada una. Las codornices fueron alojadas en criadoras eléctricas de batería; cada jaula de 0.6 m x 0.44 m x 0.39 m de larga, ancho y alto, respectivamente (0.264 m^2), en cada espacio se alojaron 6 codornices (0.044 m^2 por ave), la temperatura inicial fue de 32 °C y se redujo 2 °C por semana hasta llegar a una temperatura de 24 ºC, esta se reguló a través de un termostato que controlaba el funcionamiento de las resistencias eléctricas. El régimen de iluminación fue de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Las aves se alimentaron con tres dietas isoproteicas e isoenergéticas en dos etapas: iniciación (del nacimiento a los 14 días de edad) con 22.0% proteína cruda (PC) kg^{-1} de alimento y 2,900 kcal de energía metabolizable (EM) kg^{-1} de alimento (la pasta de soya aporto el 17.9% de la PC en la dieta); desarrollo (del día 15 al 35 de edad) con 21.0% PC kg^{-1} de alimento y 2,850 kcal de EM kg^{-1} de alimento (la pasta de soya aporto el 16.5% de la PC en la dieta). Los tratamientos fueron los siguientes: T_1, dieta control a base de maíz amarillo y pasta de soya; T_2 dieta con la sustitución del 50% de la proteína proveniente de la pasta de soya por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN); T_3, dieta con la sustitución del 100% de la proteína de la pasta de soya por HLMSN. Cada dieta contenía aminoácidos, calcio, fósforo, minerales y vitaminas. Se proporcionó agua y alimento a libre acceso durante todo el período experimental. Al día 35 de edad se seleccionaron 192 codornices (machos, peso vivo= 145.66 g y hembras, peso vivo= 139.56 g), 4 machos y 4 hembras por repetición, las cuales se sacrificaron de manera humanitaria de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Las variables evaluadas fueron: peso al sacrificio (PV, g), peso de canal caliente (PCC, g), peso de pechuga (PPe, g), peso de piernas (PPi,

g), peso de muslos (PMu, g), peso de alas (PA, g), peso de huacal (PHua, g) y Grasa abdominal (Gr. abd, g), se utilizó una báscula con capacidad de 3 kg, precisión 0.1 g (marca Truper modelo Base-3). El diseño experimental fue completamente al azar. Los datos fueron analizados siguiendo el procedimiento PROC MIXED de SAS Institute Inc. (2011; versión 9.3, Cary, NC), mediante un modelo de medidas repetidas con un arreglo factorial 3 × 2 (dieta × sexo). Para la comparación de medias se utilizó un α=0.05.

Resultados y discusión

En las variables PV, PPe, PPi, PMu, y Gr. Adb, se observaron diferencias significativas (P≤0.05), el T_3 registro valores menores en comparación con las codornices del T_1 y T_2, solo en el PCC no fue diferente con las aves del T_2. En las otras variables no se presentaron diferencias (P>0.05) por efecto de tratamientos. Con respecto al sexo, las hembras obtuvieron un peso superior a los machos en las variables PV, PCC, PPe, PPi, PMu y PA (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de la canal de codornices japonesas de 35 días de edad alimentadas con diferentes porcentajes Harina de Larva de Mosca Soldado Negro en sustitución de la proteína de la pasta de soya.

Variable	Dieta				Sexo			*P-valor*		
(g)	T_1	T_2	T_3	EEM	Macho	Hembra	EEM	Dieta	Sexo	Dieta × Sexo
PV	145.35^{a}	143.63^{a}	138.88^{b}	1.54	139.56^{b}	145.68^{a}	1.31	0.0042	0.0002	0.6763
PCC	103.91^{a}	102.36^{ab}	98.68^{b}	1.25	99.18^{b}	104.12^{a}	1.06	0.0047	0.0002	0.7943
PPe	42.24^{a}	42.20^{a}	39.76^{b}	0.55	40.19^{b}	42.62^{a}	0.46	0.0010	0.0001	0.7105
PPi	9.71^{a}	9.76^{a}	9.36^{b}	0.12	9.36^{b}	9.86^{a}	0.10	0.0404	0.0004	0.2140
PMu	12.92^{a}	12.54^{a}	11.92^{b}	0.24	12.20^{b}	12.72^{a}	0.22	0.0008	0.0173	0.4475
PA	9.25	9.04	9.21	0.16	8.73^{b}	9.60^{a}	0.14	0.5463	<.0001	0.1082
PHua	29.13	28.52	27.68	0.55	27.97	28.91	0.48	0.0855	0.0777	0.4574
Gr. abd	0.38^{a}	0.39^{a}	0.20^{b}	0.05	0.30	0.34	0.04	0.0066	0.4311	0.9927

^{abc}Las medias con diferentes superíndices dentro de cada fila indican diferencias (P≤0.05). T_1= 100% pasta de soya, T_2= 50% de la proteína de pasta de soya sustituida por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN), T_3= 100% HLMSN. EEM= error estándar de la media. PV= Peso vivo. PCC= peso de la canal caliente. PPe= peso de la pechuga. PPi= peso de las piernas. PMu= peso de los muslos. PA= peso de las alas. PHua= peso del huacal. Gr. abd= grasa abdominal.

Cullere et al. (2016), reportaron que niveles de inclusión del 10 y 15% de Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en sustitución de pasta de soya, permiten obtener un peso de la canal de alrededor de 142 a 145 g para codornices de 28 días de edad con un rendimiento en canal de 64% para ambos niveles de inclusión, siendo el peso de la canal mayor al obtenido en este estudio (102.36 y 98.68 g), pero inferior al rendimiento en canal (71.31 y 70.97%, para T_2 y T_3, respectivamente). Por otra parte, Mat *et al*. (2021) reportan un peso vivo inferior de 121.6 y 133.2 g, con niveles de HLMSN de 15 y 20%. La utilización de diferentes niveles de HLMSN, depende en gran medida de la calidad de la proteína a sustituir y del estadio larvario que se utilice.

Conclusiones

En conclusión, la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra puede sustituir un 50% de la proteína de la pasta de soya en dietas para codornices sin afectar el peso vivo y el rendimiento de la canal.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al PREGEP-Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por el financiamiento de la presente investigación. Este estudio, es parte de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

.

Referencias bibliográficas

1. Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S. and Dalle Zotte, A. 2016. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. Animal. 10(12):1923-1930.
2. Narinc, D., Aksoy, T, Karaman, E., Aygun, A., Ziya, M. and Kemal, M. 2013. Japanese quail meat quality: characteristics, heritabilities, and genetic correlations with some slaughter traits. Poultry Science. 7(1):1735-1744.
3. Mat, K., Mohamad, N.A.S., Rusli, N.D., Rahman, M.M., Harun, H.C., Al-Amsyar, S.M. and Mahmud, M. 2021. Preliminary study on the effect of feeding Black Soldier Fly Larvae (BSFL) on growth and laying performance of Japanese Quail (Cortunix japonica). International Journal of Agriculture and Technology. 17(3):977-986.
4. Moreno, F.L.V., Ton, A.P.S., Rosa, C.M.G. and de Freitas, L.W. 2021. Use of insects as an alternative in poultry nutrition: review. Research, Society and Development. 10(3):1-10.
5. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User´s guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

ENERGÍA Y NUTRIENTES METABOLIZABLES DE LA HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS L.*) EN GALLINAS CRIOLLAS MEXICANAS.

Guillermo J. Isidro-Antonio[1], Diego Zárate-Contreras[1], Eliseo Sosa-Montes[2], Arturo Pro-Martínez[1*], Fernando González-Cerón[2], José G. Herrera Haro[1].

[1]Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduado Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México;
[2]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: aproma@colpos.mx

Palabras clave: eficiencia productiva, aves criollas, nutrición avícola.

Introducción

El sector avícola en México enfrenta el desafío de aumentar su productividad para satisfacer la demanda creciente de proteína de origen animal, al tiempo que reduce el impacto ambiental asociado con los sistemas de producción convencionales, dado que la carne de ave es unas de las fuentes principales de proteína y nutrientes esenciales para el ser humano. Sin embargo, el uso intensivo de ingredientes tradicionales como la pasta de soya en la formulación de dietas genera preocupaciones ambientales y de sostenibilidad, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas más eficientes y sostenibles. Una de estas alternativas es la harina de larva de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens L.*) (HLMSN), la cual ha sido reconocida por su perfil nutricional equilibrado, con un contenido elevado de proteína (40–60%), grasas y minerales, (Makkar *et al*., 2014). Además de su valor nutritivo comparable al de la pasta de soya, la HLMSN posee propiedades funcionales como actividad antimicrobiana y efectos positivos sobre la salud intestinal de las aves. Su biodisponibilidad mineral, superior al 78%, favorece una mejor absorción de nutrientes esenciales, lo que podría traducirse en un mayor rendimiento productivo. Por su parte, Orzuna-Orzuna (2025), reportó que la inclusión de esta harina en niveles del 15-20% mejora la eficiencia alimenticia, aumenta la retención nitrogenada y reduce la excreción de fósforo, contribuyendo a una producción avícola más sostenible y sin afectar la salud del animal. Aunque, para hacer realidad su uso como ingrediente de proteína y energía en la dieta, se hace necesario el análisis de la energía y nutrientes metabolizables aparentes, con el propósito de determinar la capacidad de aprovechamiento que presenta el animal para cada ingrediente de una dieta. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la inclusión de harina de LMSN sobre la energía metabolizable aparente (EMA) y los nutrientes metabolizables en gallinas Criollas Mexicanas de 100 semanas de edad.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27′ 47″ latitud norte y 98° 54′ 27″ longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. Todos los animales se manejaron siguiendo las recomendaciones del Comité de Bienestar Animal del Colegio de Postgraduados (2019). Se utilizaron 10 gallinas con 100 semanas de edad, distribuidas en 2 tratamientos, T_1 dieta basal (maíz-soya) con 4 repeticiones (1 aves por repetición), en el caso de T_2 (75% de la dieta basal + 25% de harina de larva de MSN), se utilizaron 6 repeticiones (1 aves por repetición). Las gallinas fueron alojadas por repetición en jaulas de 40 x 50 x 40 cm durante 10 días, utilizando 4 días de acostumbramiento a las dietas y 6 días para la medición de consumo de alimento y recolección de heces cada 24 horas utilizando el método de recolección total de excretas retirando las impurezas con una pinza. Cada día se ofrecieron 100 g de alimento por repetición y el agua se proporcionó a libre acceso. Las aves fueron sometidas a luz natural y la temperatura fue controlada por medio de cortinas laterales en la nave, manteniendo una temperatura ambiente entre 20 y 23 °C. Las excretas recolectadas se colocaron en bolsas herméticas de plástico y se almacenaron en un congelador a -4 °C. Posteriormente, se pasaron a una estufa de secado a 60 °C donde se tuvieron durante 48 horas para eliminar por completo la humedad contenida y obtener la materia seca de las heces, antes de pasarlas a la estufa para evitar pérdidas de nitrógeno, se agregó 1 ml de ácido sulfúrico 1 N por cada 10 g de excretas para obtener un pH alrededor de 5, posteriormente las muestras de las dietas y las heces se molieron en una malla con un tamaño de partícula de 0.5 mm obteniendo un polvo fino. Posteriormente se analizaron para obtener la materia seca (MS), cenizas (CEN) y proteína cruda (PC) de acuerdo con los procedimientos del AOAC (2005) adaptados a los Laboratorios de Nutrición Animal del Departamento de

Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. La energía bruta (EB) se determinó utilizando una bomba calorimétrica. Estas determinaciones sirvieron para calcular los nutrientes metabolizables inicialmente en g/g y después en %: (nutriente en el alimento en %×consumo en g o kcal-nutriente en las excretas en %×excretas en g o kcal)/100. Los valores anteriores relacionados a la cantidad de nutrientes en el alimento consumido (100%) sirvieron para calcular los nutrientes metabolizables en %. A partir de los resultados de T_1 y T_2 se estimaron la energía y los nutrientes metabolizables aparentes de la harina de larva de Mosca Soldado Negra. Para este experimento se utilizó el diseño experimental fue completamente al azar. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2011), con una prueba de Tukey con un $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

Solo en las características de EMA y el coeficiente de proteína observaron diferencias significativas (P≤0.05), mostrando el valor más alto la HLMSN (4437.93 y 30.26) para ambas características respectivamente.

Cuadro 1. Determinación de los coeficientes de energía y nutrientes metabolizables aparentes de dos dietas experimentales y la harina de Mosca Soldado Negra en gallinas Criollas Mexicanas de 100 semanas de edad.

Variables	Dieta basal Maíz-Soya (n= 4)	Dieta basal con 25% de HLMSN (n= 6)	HLMSN (n= 6)	*P-valor*
Coeficiente MS (%)	65.62 ± 1.86	64.57 ± 1.88	61.40 ± 7.55	0.8387 ^{ns}
EMA (Cal/g)	3740.88^{b} ± 118.39	3915.14^{ab} ± 62.48	4437.93^{a} ± 249.93	0.0396*
Coeficiente EMA (%)	79.18 ± 2.50	79.31 ± 1.26	79.73 ± 5.06	0.9936 ^{ns}
Coeficiente Cen (%)	1.57 ± 0.33	0.63 ± 0.39	-2.21 ± 1.5	0.0685 ^{ns}
Coeficiente MO (%)	65.77 ± 1.45	65.71 ± 1.44	65.53 ± 5.79	0.9990 ^{ns}
Coeficiente Proteína (%)	4.82^{b} ± 0.56	11.18^{b} ±1.28	30.26^{a} ± 5.12	0.0005*

^{ab}Literales distintas dentro de cada fila indican diferencias significativas (P≤0.05). *= significativo; ^{ns}= no significativo; HLMSN= harina de larva de Mosca Soldado Negra; n= número de muestras; Cal/g; calorías/gramo; MS= materia seca; EMA= energía metabolizable aparente; Cen= cenizas; MO= materia orgánica. Cada valor representa la media ± error estándar.

Si bien la diferencia no fue estadísticamente significativa entre las dos dietas basales, pero si se notó un incremento de 174.26 cal/g en la dieta con inclusión del 25% de HLMSN. Por otra parte, el resultado de EMA alto por parte de la HLMSN, puede ser producto del gran aporte de energía metabolizable de esta harina, que según lo reportado por Atehortua, (2023), es de 5420 Kcal/Kg, en donde comparó el aporte nutritivo de la HLMSN con la harina de soya y harina de pescado, por lo tanto, si el aporte de EMA es alto se esperaría una mayor asimilación por parte del animal y que a su vez varía dependiendo la especie.

En cuanto al coeficiente de proteína metabolizable, se observó la misma tendencia anterior, en donde podemos resaltar un incremento del 16% al incluir 25% de HLMSN y un incremento del 19.08% en la HLMSN pura respecto al anterior, lo cual puede atribuirse a su alta calidad biológica, perfil de aminoácidos, elevada biodisponibilidad y potencial de aprovechamiento proteico de este ingrediente. Estos valores concuerdan, con lo reportado por Orzuna-Orzuna, (2025), donde menciona que la proteína de la larva de Mosca Soldado Negra se caracteriza por su alto valor biológico y la biodisponibilidad, por lo que reporta un incremento del 15.4 al 38.9% en la asimilación de proteína al sustituir la pasta de soya con HLMSN, en la dieta para gallinas ponedoras de 16 semanas de edad.

Los coeficientes de materia seca metabolizable, coeficiente de energía metabolizable, coeficiente de cenizas y coeficiente de materia orgánica, no presentaron efecto entre dietas, ni con la HLMSN (P≥0.05).

.

Conclusión

En conclusión, la harina de larva de Mosca Soldado Negra en dietas para gallinas Criollas Mexicanas mejoró la energía metabolizable y el coeficiente de proteína sin afectar negativamente otros parámetros nutricionales. Lo que lo convierte en un excelente ingrediente de valor proteico y energético que puede ser utilizado en la formulación de dietas para la alimentación avícola.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), al PREGEP-Ganadería del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y a la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo recibido para la realización de esta investigación. Este estudio, es parte de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official methods of analysis. Washington D.C. 18 Ed. 1018pp.
2. Atehortua, M. K. 2023. Valor nutritivo de la harina de larva de Hermetia (*Hermetia illucens L.*) y su empleo en la alimentación de pollos de engorde. Tesis Doctoral. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana.
3. Orzuna-Orzuna, J. F. 2025. Harina de larva de mosca soldado negra *Hermetia illucens* como suplemento Alimenticio para aves y cerdos. Bioagrociencias. 18(1):1-7. http://doi.org/10.56369/BAC.6258.
4. Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., y Ankers, P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. Animal Feed Science and Technology. 197(1):1-33. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008.
5. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

.

CALIDAD QUÍMICA Y ESTABILIDAD AERÓBICA DEL NOPAL ENSILADO CON HARINA DE VAINA DE MEZQUITE O SALVADO DE TRIGO Y BACTERIAS LÁCTICAS.

Ricardo Basurto Gutiérrez, Ericka Ramírez Rodríguez, Daniel Trujillo Gutiérrez.

CENID FyMA-INIFAP

*Autor para correspondencia: basurto.ricardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: nopal, ensilaje, estabilidad aeróbica.

Introducción.

En las zonas semiáridas y áridas, los forrajes y arbustos son la principal fuente de nutrimentos para los animales en pastoreo, sin embargo, la productividad forrajera es baja. La escasez de forrajes induce a que los productores pastoreen en exceso sus agostadores y a la adquisición de ingredientes para el mantenimiento de sus hatos. En estas condiciones, el nopal, una especie bien adaptada al desierto, se convierte prácticamente en la única opción como forraje; pero es necesario combinarlo con alimentos altos en fibra como raciones completas o ensilajes (Siqueira *et al.,* 2022). En este sentido, se ha desarrollado el ensilaje de nopal (EN) como una alternativa a la escasez de forrajes. Asimismo, el mezquite está bien adaptado a las zonas áridas y semiáridas y produce vaina de mesquite (VM). La VM que es utilizada para alimentar ganado y puede utilizarse en forma de harina (HVM) como un componente más en el EN que podría mejorar el contenido de proteína del ensilaje. La información disponible indica que EN con HVM puede sustituir hasta 75% del ensilaje de maíz para el crecimiento de ovinos (Basurto *et al.*, 2014). No obstante, la disponibilidad de la HVM puede ser limitante en algunas zonas, por ejemplo, en el centro del país. Se sugirió que el salvado de trigo (ST) como un substituto de la VM por su disponibilidad comercial. Por otro lado, el ensilaje es una estrategia básica que tiene como objetivo la conservación de nutrientes, la cual se basa en la producción de ácidos orgánicos por la actividad de microorganismos anaeróbicos durante el ensilaje (Okoye *et al.*,2023) y, para asegurar una rápida y eficiente producción de ácidos orgánicos, el forraje a ensilar se inocula con bacterias ácido-lácticas (Kung *et al.*, 2018). En la apertura de los silos para alimentar, el forraje ensilado se expone al aire y los microrganismos aeróbicos (MA) inician su actividad fermentativa a expensas de los nutrientes del silo. La presencia de los ácidos orgánicos ralentiza la actividad de MA; esto se conoce como la estabilidad aeróbica (EA) del silo. La EA se considera que se pierde cuando la temperatura del silo sobrepasa por 2°C la temperatura ambiente (Tabacco *et al.,* 2011). Esto resulta en la perdida acelerada de nutrientes del silo y el crecimiento de microrganismos que pueden afectar la salud animal. Así, el objetivo de la prueba fue evaluar el cambio en la composición química y la estabilidad aeróbica del nopal ensilado por el efecto de substituir la HVM por ST y el efecto de inocular diferentes niveles de bacterias ácido-lácticas.

Materiales y métodos

Los factores de estudio fueron: fuente de proteína: harina de vaina de mezquite (HVM) o salvado de trigo (ST) y seis niveles de inoculación bacterias ácido-lácticas (BAL; 0, 1.0, 1,5, 2.0, 2,5 y 3.0 x10^6 unidades formadoras de colonia /g mezcla fresca) en un arreglo experimental 2 x 6 bajo un diseño experimental completamente al azar. Para la elaboración de los ensilajes de nopal (EN), se colectaron pencas de nopal sin espinas (*Opuntia ficus ficus*) del CENIDFyMA, se picaron y machacaron manualmente. El rastrojo de maíz se molió con un molino de martillos y con una criba de 0.75”. La vaina de mezquite se recogió en el CENID FyMA, se secó y molió con un molino de martillo para obtener la harina de la vaina de mezquite (HVM). Se compraron el salvado de trigo (ST) y la melaza de caña. La composición porcentual de las mezclas (5 kg) de nopal a ensilar fueron: nopal fresco (69%), HVM o ST (10%), rastrojo de maíz (18%) y melaza (3%) en base húmeda. De acuerdo con diseño experimental, se adicionaron BAL diluidas en agua (150 ml). La secuencia para elaborar las mezclas se aleatorizó y de cada mezcla experimental se colocaron tres en microsilos (dos botes de plástico (1 lt capacidad) con una válvula para liberar el gas producido y un bote de 2.5 kg de capacidad sellados con cinta metálica). La apertura de cada microsilo se realizó al azar entre los días 102 a 151 d (127 d de promedio). Al momento de la apertura de los silos se tomaron muestras para determinar contenido de humedad (55°C por 48 h), pH (Orion 230A+, Thermo Electron Corportion), la capacidad amortiguadora o buffer (CB) se determinó como la cantidad de miliequivalentes de una solución alcalina (0.05N NaOH) para elevar el pH del silo a 7 y la determinación del contenido de nitrógeno amoniacal (respecto al nitrógeno total), utilizando la técnica con oxido de magnesio. Para determinar la estabilidad aeróbica, el remanente de nopal ensilado se aflojo para permitir la entrada de aire en el material

y se insertó en el centro un sensor termopar tipo K para registrar la temperatura del silo cada 30 min, que se conectó a un termómetro (Suzhou TASI Electronics Co. Ltd. Modelo TA612C) con capacidad de almacenamientos de datos. Además, la temperatura ambiente se registró cada 30 min con un termómetro (TP358-S, Sensor ThermoPro). Después de exponer el material ensilado al aire, se consideró que la estabilidad aeróbica (EA; horas) se pierde cuando la temperatura del silo superaba en 2°C la temperatura ambiente (Tabacco *et al.*, 2011). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar y el modelo estadístico incluyó los efectos de fuentes de proteína, nivel de inoculación de bacterias lácticas y su interacción. Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadísticos de SAS (v9.4 TS, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2016). Para determinar el efecto del nivel de inoculación, se utilizaron contrastes ortogonales.

Resultados y discusión

El contenido promedio de materia seca (55°C) de los silos fue 31.4%. En el cuadro se muestra las variables estudiadas para determinar la calidad química y la EA de los silos. El pH es la determinación más importante de los ensilajes. En general se sugiere que idealmente que el pH se reduzca rápidamente a 4.2 o menos. ya que un valor bajo (pH < 4.7) indica que el silo es de calidad nutricional y que probablemente tenga buena estabilidad aeróbica. Los datos muestran que la HVM promueve que los silos de nopal tengan un pH más bajos ($p<0.01$) que los silos con ST (3.94 vs 4.11). Excepto un silo que tenía un pH=4.68, en el resto de los silos el pH se considera aceptable. En contraste, la inoculación con BAL no tuvo efecto ($p<0.19$) en el pH de los silos. Se considera que dos silos pueden tener un valor de pH similar, pero la concentración de ácidos orgánicos podría ser diferente; en este caso la CB se entiende como la cantidad de miliequivalentes de una solución alcalina que se necesita para elevar el pH del silo a un valor de 7. Así, los silos con HVM tuvieron un mayor valor de CB ($p<0.02$) comparado con los silos con ST. Asimismo, no se detectó que la BAL afectará la CB de los silos. En los ensilajes la presencia de nitrógeno amoniacal tiene su origen en la degradación de proteínas por microorganismos clostridios; la degradación de las proteínas se prolonga cuando el pH disminuye lentamente. En condiciones óptimas, el porcentaje de N-NH3 del nitrógeno total (nitrógeno amoniacal) fluctúa entre 5 al 7%, 10 al 12 y 8 a 12% en ensilajes de maíz, leguminosas y gramíneas, respectivamente. Se puede considerar que tenían un bajo contenido de nitrógeno amoniacal. Comparada a la HVM, el ST dobló la estabilidad aeróbica (EA) de los EN. Se esperaba que la inoculación de LAB mejorara la EA, pero no se detectó un efecto significativo ($p<0.10$). Ensilajes de maíz inoculados con varias cepas de *Lactobacillus buchneri,* el EA varió entre 35 a 70 h, que es menor a los valores observados con los EN de este estudio. Es posible que la temperatura ambiente entre estudios explique las diferencias observadas.

Conclusión

La calidad química y la estabilidad aeróbica del silo de nopal son afectadas por el uso de harina de vaina de mezquite o salvado de trigo. No obstante, la calidad química y la estabilidad aeróbica indican que los silos de nopal son aceptables. El uso de bacterias ácido-lácticas no afecta la calidad química o la estabilidad aeróbica de los silos de nopal.

Fuente de financiamiento

El trabajo se realizó con recursos autogenerados del INIFAP.

.

Calidad química y estabiliad aeróbica del ensilaje de nopal con harina de vaina de mezquite o salvado de trigo como fuente de proteína y diferentes niveles de bacterias lácticas

		Inoculación de bacterias lácticas # UFC / g material fresco al ensilar							p < X		
Variable	Fuente	0	1	1.5	2	2.5	3	√CME	F	B	F*B
pH	ST	4.07	4.03	4.14	4.15	4.08	4.00	0.10	0.01	0.15	0.95
	HVM	3.87	3.87	4.00	4.00	3.98	3.91				
CB	ST	19.34	17.98	15.58	15.58	16.16	21.28	3.21	0.02	0.11	0.10
	HVM	21.22	25.23	22.59	17.54	18.56	18.26				
N-NH_3_NT	ST	7.44	7.45	8.68	6.92	8.17	7.65	1.14	0.01	0.14	0.31
	HVM	7.07	6.83	6.93	4.99	4.86	6.02				
EA	ST	114	137	62	179	58	114	30	0.01	0.10	0.21
	HVM	85	87	52	57	39	55				

CB= Capacidad amortiguadora (ml NaOH pH=7); N-NH_3_NT = porcentaje de nitrogeno amoniacal respecto a nitrógeno total; Estabilidad aeróbica (EA): tiempo (horas) cuando la temperatura superó en 2°C la temperatura ambiente ST= Salvado de trigo; HVM=Harina de vaina mezquite (CENIFyMA;2024); √CME= Raíz del cuadrado medio del error. p < X= probabilidad a la cual la hipóteisis nula es rechazada; UFC= unidades formadoras de colonias / g material fresco al ensilar.

Referencias bibliográficas

1. Basurto et al. 2014. Evaluación del ensilaje de nopal y vaina de mezquite para el crecimiento de ovinos en corral. L-Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. octubre, Mérida, Yucatán, p-200.
2. Kung et al (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. J Dairy Sci, 101 (5): 4020 – 4033. https://doi: 10.3168/jds.2017-13909.
3. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide: Statistics. Version 9.4 TS Edition. SAS Institute, Inc., Cary, NC; 2016.
4. Siqueira *et al.* (2022). Cactus Cladodes Opuntia or Nopalea and By-Product of Low Nutritional Value as Solutions to Forage Shortages in Semiarid Areas. Animals: 12: 3182. https://doi.org/10.3390/ani12223182.
5. Tabacco *et al* (2011). Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. J. Dairy Sci. 9*4*(3);1409–1419. https://doi.org/10.3168/jds.2010-353

DETERMINACIÓN DE ENERGÍA Y NUTRIENTES METABOLIZABLES DE HARINA DE LARVA MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS*) EN GALLOS CRIOLLOS.

Mario Diego-Trinidad[1], Eliseo Sosa-Montes[2], Arturo Pro-Martínez[1], Fernando González-Cerón[2], Leonor Miranda-Jiménez[1], Raúl Argüello-García[3], Diego Zárate-Contreras[1*]

[1]Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México;
[2]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México;
[3]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

*Autor para correspondencia: zarate.diego@colpos.mx

Palabras clave: energía metabolizable, harina de larva, aves criollas.

Introducción

En la actualidad, uno de los problemas más importantes en la producción animal es la búsqueda de fuentes de proteína y energía eficientes y de bajo costo para la producción. En este contexto, los insectos, particularmente la mosca soldado negra (*Hermetia illucens L*.), ha tomado gran relevancia como una opción sostenible y eficiente para el presente problema. Por lo anterior, el análisis de la energía y de los nutrientes metabolizables son importantes en la formulación y la evaluación de la eficiencia de un ingrediente en una dieta; contar con esta información sobre la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN) permitirá determinar su viabilidad como sustituto parcial o total de ingredientes tradicionales y convencionales como la pasta de soya o el maíz en la formulación de dietas para aves. Estudios han determinado que la Harina de Larva de Mosca Soldado-Negra contiene un gran porcentaje de proteína de calidad, que oscila los 40-50% de proteína cruda, y no solo eso, sino que además aporta lípidos, energía y una gran variedad de micronutrientes como vitaminas y minerales que son benéficos en la nutrición de las aves. En México, la producción de traspatio (aves criollas) representa el 10% de la producción avícola nacional (Lastra *et al*.,1998), de ahí la iniciativa de estudiar a las aves Criollas Mexicanas, por ser una especie de importancia genética, una especie adaptaba a condiciones rusticas y de importancia socioeconómica en las comunidades rurales. El objetivo del presente estudio fue determinar la energía metabolizable aparente y nutrientes metabolizables de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en dietas para gallos Criollos.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado en las coordenadas 19° 27′ 47″ latitud norte y 98° 54′ 27″ longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. Se utilizó un total de diez gallos Criollos Mexicanos de 100 semanas de edad con un peso promedio de 2.4 kg, alojados en jaulas individuales (1x1x1 m), con comedero, bebedero y una charola de plástico adaptada para la recolección de excretas. Estos fueron distribuidos aleatoriamente en 2 tratamientos:

- T1: dieta basal (maíz-soya), 4 repeticiones (1 ave por repetición).
- T2: 75% dieta basal + 25% HLMSN, 6 repeticiones (1 ave por repetición).

El experimento duro 10 días, los primeros 4 días los gallos fueron sometidos a un periodo de acostumbramiento para el consumo de las dietas, los siguientes 6 días se ofrecieron 100 g de alimento de su respectivo tratamiento a cada gallo; el agua se proporcionó siempre a libre acceso. Todos los animales se manejaron siguiendo las recomendaciones del Comité de Bienestar Animal del Colegio de Postgraduados (2019).

Las excretas fueron recolectadas cada 24 h durante 6 días, las impurezas se retiraron usando pinzas de disección (Wu *et al*., 2020). Una vez recolectadas, las excretas se colocaron en bolsas de plástico a -4 °C. Previo a su secado y para evitar pérdidas de nitrógeno, se agregó 1 cm de ácido sulfúrico 1 N por cada 10 g de excretas para obtener un pH alrededor de 5, antes de su análisis en laboratorio, las muestras fueron secadas a una temperatura de 60 °C por 48 horas, esto para eliminar completamente la humedad; posteriormente las muestras de las dietas y heces de los dos tratamientos se molieron en una malla hasta obtener una partícula de 0.5 mm resultando un polvo fino. Las muestras se analizaron para para materia seca (MS) y materia orgánica (MO) de acuerdo con los procedimientos del AOAC (2005) adaptados al laboratorio de nutrición animal del departamento de Zootecnia en la Universidad Autónoma Chapingo. La

energía se determinó utilizando una bomba calorimétrica. Estas determinaciones sirvieron para calcular los nutrientes metabolizables inicialmente en g/g y después en %: (nutriente en el alimento en % x consumo en g o kcal – nutriente en las excretas en % x excretas en g o kcal) /100. Los valores anteriores relacionados a la cantidad de nutrientes en el alimento consumido (100%) sirvieron para calcular los nutrientes metabolizables en porcentaje. A partir de los resultados de T_1 Y T_2 se estimaron la energía, materia seca y materia orgánica metabolizables aparentes de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra. Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos fueron analizados mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2011), con una prueba de Tukey con un α= 0.05.

Resultados y discusión

Se observo un incremento significativo (P≤0.05) del 14.6% de la energía metabolizable aparente (EMA) de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (4252.37 Cal/g) respecto a la dieta basal (3708.19 Cal/g) (Cuadro 1), esto indica que hay una mejor asimilación de la energía por parte del animal, estos hallazgos coinciden con lo reportado por De marco et al. (2015), quienes encontraron un mayor contenido energético en la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en la alimentación de pollos de engorda Ross 708 de 36 días de edad, logrando tener valores más altos de energía que otros ingredientes comúnmente utilizados en las dietas para aves, la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra presento 4151.14 Cal/g, mientras que la dieta basal (compuesta en su mayoría por maíz y pasta de soya) presento 4060.38 Cal/g. En cuanto a los coeficientes de MS y MO, no se apreciaron diferencias significativas, lo que se sugiere que la inclusión del 25% de HLMSN no afecto la metabolización de estas en la alimentación de los gallos.

Estos hallazgos respaldan el estudio de Gasco et al. (2020), quien propone el uso moderado de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra como fuente proteico-energética complementaria en la alimentación animal.

Cuadro 1. Determinación de los coeficientes de energía y nutrientes metabolizables aparentes de las dos dietas experimentales y de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en gallos Criollos de 100 semanas de edad.

Variables	Dieta basal (n= 4)	Dieta basal+25% de HLMSN (n= 6)	HLMSN (n= 6)	*P*-valor
Coeficiente de MS (%)	68.76 ± 2.27	66.33 ± 1.42	59.07± 5.7	0.242^{ns}
EMA(Cal/g)	3708.19^{b} ± 86.91	384423^{b} ± 44.29	4252.37^{a} ± 177.17	0.024*
Coeficiente de EMA (%)	78.48 ± 1.83	77.87 ± 0.89	76.05 ± 3.58	0.789^{ns}
Coeficiente de MO (%)	66.63 ± 2.05	65.43 ± 1.17	61.82 ± 4.71	0.582^{ns}

^{ab}Literales distintas dentro de cada fila indican diferencia significativa (*P*≤0.05); n= número de muestras; HLMSN= Harina de Larva de Mosca Soldado Negra; MS= materia seca; EMA= energía metabolizable aparente; MO= materia orgánica; ns= no significativo; *= significativo (p<0.05). Cada valor representa la media ± error estándar.

Conclusión

En conclusión, la Harina de larva de mosca soldado negra tiene un contenido energético aceptable, lo que la convierte en un ingrediente que puede ser utilizado en la formulación de dietas para la alimentación de las aves.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), al PREGEP-Ganadería del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y a la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo recibido para la realización de esta investigación. Este estudio, es parte de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

.

Referencias bibliográficas

1. De Marco, M., et al. (2015). Nutritional value of two insect larval meals (Tenebrio molitor and Hermetia illucens) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. Animal Feed Science and Technology. Volume 209. Pages 211-218.
2. Gasco, L., et al. 2020. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in poultry diets. Italian Journal of Animal Science, 19(1). 360-372.
3. Lastra I.J., et al. 1998. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México 1990-1997. Secretaría de agricultura, ganadería y desarrollo social. México. 47 pp.
4. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
5. Wu SB, Choct M, Pesti G. 2020. Historical flaws in bioassays used to generate metabolizable energy values for poultry feed formulation: a critical review. Poultry Science 99(1). 385-406.

BORREGOS CRIOLLOS EN ETAPA DE ENGORDA CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE ALFALFA (MEDICAGO SATIVA) EN LA DIETA.

Julio Cesar Espinoza-Hernández[1]*, José Eduardo García-Martínez[1], Camelia Cruz-Rodríguez[1], Francisco Alonso Rodríguez-Huerta[1], Martín Rodríguez-García[1], Azucena Vargas-Valero[2]

[1]Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México
[2] CIRSE, INIFAP.

*Autor para correspondencia: cesar_iaz@hotmail.com

Palabras clave: ganancia diaria de peso, consumo voluntario, ovinos

Introducción

En México la producción ovina constituye una alternativa adecuada de producción por ser animales rumiantes, pequeños, prolíficos, que se adaptan fácilmente a diversos ambientes y aprovechan de manera adecuada los recursos disponibles de cada región del país. El mercado y precio constante en comparación con otras especies es atractivo para los productores por lo que en los últimos años ha incrementado su explotación (Alvares et al., 2003)

En las últimas tres décadas, el sector ovino en México ha pasado etapas radicales, pasando de ser un sector centrado en la producción de lana, a uno enfocado en la carne de calidad u otros subproductos. Este cambio no solo altero su mercado, sino que también generó nuevos desafíos y beneficios para los productores (Anderson *et al*., 2021).

La producción de carne de ovino es considerada una alternativa para abastecer de proteína de buena calidad a la población cada vez más creciente como la que posee México. En nuestro país existe una gran tradición en el consumo de carne de ovino, derivándose en una elevada demanda, la cual sobrepasa la oferta nacional (Lopez *et al*., 2021), situación que se mantiene en la actualidad. Por todo lo anterior el objetivo fue generar alternativas de alimentación para aumentar los parámetros productivos de ovinos criollos en regiones con climas extremosos

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la Unidad Metabólica perteneciente al Departamento de Nutrición Animal, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; la cual se encuentra situada geográficamente a 25°22’ latitud norte y 101°22’ longitud oeste, con una altura de 1742 msnm.

Se utilizaron 10 corderos machos criollos con aproximadamente 3 meses de edad, los cuales fueron divididos en dos grupos de 5 animales cada uno según diseño completamente aleatorizado y sometidos a los siguientes tratamientos experimentales: 80% Concentrado + 20 % Alfalfa (T1) y 60 % Concentrado + 40 % Alfalfa (T2), el peso vivo promedio de los animales fue de 20.775 ± 3.2 y 22.625 ± 4.5 kg respectivamente. Al inicio del trabajo experimental se realizó un periodo de adaptación de dos semanas y el periodo experimental tuvo una duración de cinco semanas.

Los animales fueron alojados individualmente, las cuales contaban con comederos y bebederos. Durante el periodo experimental se proporcionó el alimento en dos ofertas durante el día, por la mañana (40 %) y por la tarde (60). El alimento ofrecido a los animales tenía un contenido del 20 % de proteína cruda y 11.48 MJ EM/kg de MS. La dieta del tratamiento uno estaba compuesta por pasta de soya (18 %), maíz y sorgo molido (20 %), salvado de trigo (21 %), heno de alfalfa (20 %) y uno % de sales minerales y urea. La dieta del tratamiento dos estaba compuesta por pasta de soya (15 %), maíz y sorgo molido (14 %), salvado de trigo (15 %), heno de alfalfa (40 %) y uno % de sales minerales y urea. Ambas raciones se ofrecieron al 5% del peso vivo (PV) del cordero en base seca (BS). La alfalfa ofrecida fue molida a un tamaño de partícula de 5 cm, la cual fue mezclada con el concentrado y ofrecido en los comederos y consumo de agua *ad libitum*.

Al inicio del experimento los animales fueron pesados (peso inicial) y desparasitados con ivermectina 1 % con dosis de 1 ml por 50 kg de PV (Iverfull marca ArandaLab) y closantil 5 % a una dosis de 1 ml por 10 kg de PV (Closantel al 5 % de Panavet). Los animales fueron vitaminados con palmitato de retinol (Vit. A),

colecalciferol (Vit. D3), acetato de tocoferol (Vit. E), utilizando 2 ml por animal (Vigantol® ADE-Bayer) y complejo B, a razón de 5 ml por animal (Complejo-B, marca Virbac). Posteriormente, se les dio un periodo de adaptación a la nueva dieta de 15 días. El manejo zoosanitario de enfermedades se realizó de acuerdo a las disposiciones generales de bienestar y sanidad animal vigentes en México (NOM-062-ZOO-1999)

Variables a evaluar

El consumo voluntario (CV) de los animales se determinó diariamente por diferencia entre lo ofrecido y rechazado en 24 h. La cantidad de alimento ofrecida es la correspondiente a cada uno de los tratamientos descritos anteriormente. Para la determinación de la GDP, los animales fueron pesados en una báscula digital al inicio, 7, 14, 21, 28, 35, días, previo ayuno de 15 h. El registro del peso se realizó antes de ofrecer el alimento y la GDP se estimó como la pendiente de la regresión lineal entre el PV y los días transcurridos. La ganancia total de peso se obtuvo de la diferencia del peso final menos el peso inicial. Los animales fueron pesados individualmente cada 7 días. El pesaje se realizó a las 8:00 a.m. antes de ofertar el alimento. Se utilizó una báscula digital con una precisión de 10 gramos para determinar el incremento de peso. El índice de conversión alimenticia se determinó mediante la ganancia diaria de peso entre la cantidad de alimento consumido diariamente y de modo general. Los datos obtenidos del consumo voluntario diario de alimento, ganancia total de peso, ganancia diaria de peso y el índice de conversión alimenticia fueron analizados por un diseño completamente al azar, en el PROC GLM del programa computarizado SAS. La comparación de medias se realizó por la prueba de Tukey (P≤0.05)

Resultados y discusión

El consumo voluntario de los animales (Cuadro 1) en las semanas uno, tres y cuatro presentaron diferencia (P< 0.05), el tratamiento dos fue el que mayor consumo de alimento tuvo. Para las semanas dos y cinco no presentaron diferencia (P>0.05) entre los tratamientos. Aun cuando el nivel de inclusión de alfalfa entre los tratamientos fue diferente no afecto el consumo de alimento al final del experimento, no así al inicio del experimento donde se presentó diferencia del consumo esto se puede asociar al efecto del nivel de fibra aportado por la alfalfa.

Cuadro 1. Consumo promedio de alimento (M.S.) por animal (kg^{-1} a^{-1} d^{-1})

Tratamientos	Promedio	Desv. Est.
T1S1	0.843[b]	0.275
T2S1	1.068[a]	0.258
T1S2	1.153[a]	0.201
T2S2	1.274[a]	0.307
T1S3	1.174[b]	0.307
T2S3	1.384[a]	0.162
T1S4	1.015[b]	0.281
T2S4	1.172[a]	0.172
T1S5	1.095[a]	0.252
T2S5	1.114[a]	0.244

T1S1: tratamiento uno, semana uno, T2S1: tratamiento dos, semana uno

Estadísticamente el peso de los animales por semana (Cuadro 2) no tuvo diferencias significativas (P<0.05) entre tratamientos. No adquiriendo efecto los diferentes niveles inclusión de alfalfa en la dieta de los animales. Los ovinos presentaron un incremento de peso vivo lineal, desde el inicio del experimento hasta el registro de la última pesada. La GDP mostro diferencias, (P<0.05), la última semana del experimento, al analizar los datos en conjunto la ganancia total de peso no mostro diferencias estadística, (P>0.05), entre tratamientos.

.

Cuadro 2. Ganancia diaria de peso (GDP) por animal (g^{-1} a^{-1} d^{-1})

Tratamiento	Promedio	Desv. Est.
T1S1	0.392[a]	0.101
T2S1	0.366[a]	0.103
T1S2	0.184[a]	0.081
T2S2	0.216[a]	0.137
T1S3	0.316[a]	0.112
T2S3	0.341[a]	0.061
T1S4	0.262[a]	0.197
T2S4	0.268[a]	0.027
T1S5	0.316[a]	0.06
T2S5	0.201[b]	0.048

T1S1: tratamiento uno, semana uno, T2S1: tratamiento dos, semana uno

La conversión alimenticia no difirió estadísticamente, (P>0.05) entre tratamientos. El promedio de CA para el T1 y T2 fue de 3.654 y 4.336 respectivamente, en el Cuadro 3 se muestran los resultados de la CA para cada tratamiento en las cinco semanas de experimento.

Cuadro 3. Índice de conversión alimenticia (CA) de los animales por semana

Tratamiento	Promedio	Desv. Est.
T1S1	2.251[a]	0.597
T2S1	3.031[a]	0.807
T1S2	7.148[a]	2.661
T2S2	8.848[a]	6.349
T1S3	4.325[a]	2.285
T2S3	4.129[a]	0.616
T1S4	2.191[b]	1.627
T2S4	4.403[a]	0.423
T1S5	3.540[a]	0.639
T2S5	5.849[a]	2.031

T1S1: tratamiento uno, semana uno, T2S1: tratamiento dos, semana uno

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente experimento el nivel de inclusión de alfalfa no tuvo efecto significativo para la ganancia total de peso y el índice de conversión alimenticia este efecto puede deber a que ambas dietas tenían el mismo porcentaje de proteína. Para el índice de conversión no tuvo efecto durante las primeras semanas, pero si para la cuarta, aunque en la última no presentaron diferencia entre los tratamientos en el consumo y ganancia diaria de peso.

Referencias bibliográficas

1. Álvarez Morales, G., Melgarejo Velásquez, L., & Castañeda Nieto, Y. (2003). Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (Enterolobium cyclocarpum) y pollinaza. *Veterinaria México OA*, 39-46.
2. Anderson, M. J., Thompson, D. R., & Roberts, S. A. (2021). Conversión alimenticia en ovinos Suffolk: Un estudio comparativo. *International Journal of Animal Science*.
3. López Carlos, M., Fernández Mier, R., Aréchiga Flores, C., Hernández Briano, P., Medina Flores, C., & Ramírez Chéquer, J. (2021). Crecimiento de corderos de pelo en el altiplano semiárido de Zacates durante el invierno. *Abanico veterinario, 11*. doi:https://doi.org/10.21929/abavet2021.

DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE NOPAL ENSILADO CON HARINA DE VAINA DE MEZQUITE O SALVADO DE TRIGO Y DIFERENTES NIVELES DE BACTERIAS ÁCIDO-LÁCTICAS.

Ericka Ramírez Rodríguez, Ricardo Basurto Gutiérrez*, Daniel Trujillo Gutiérrez.

CENID FyMA-INIFAP

*Autor para correspondencia basurto.ricardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: nopal, salvado de trigo, bacterias ácido-lácticas

Introducción

La conservación de nutrientes mediante el proceso del ensilaje de forrajes es una estrategia básica en los sistemas de producción pecuaria. La rápida y eficiente producción de ácidos orgánicos derivados de la actividad microbiana permiten obtener ensilajes de buena calidad (Okoye *et al.*,2023), ya que, si el pH no cae rápidamente, las enterobacterias y clostridios continúan creciendo. Estas bacterias utilizan ácido láctico y producen otros compuestos diferentes al ácido láctico, los cuales incrementan el pH y provocan perdidas de materia seca hasta más del 50% de materia seca. La actividad de los clostridios se reduce hasta que el pH cae por debajo de 5; su actividad reduce la calidad y estabilidad aeróbica del silo (Wilkinson et al, 2003). Así con el objeto de asegurar que se produzca suficiente ácido láctico para suprimir el crecimiento microbiano, se inocula los forrajes con bacterias ácido-lácticas (BAL; Han *et al.*, 2022). Por otro lado, originalmente en la elaboración del silo de nopal incluye el uso de harina de vaina de mezquite (HVM; *Prosospis ssp*). El árbol de mezquite se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas de México, pero hay otras zonas donde la concentración de los árboles de mezquite es baja, por lo que, la colección de vaina no se realiza. Por esta razón, se sugirió que la HVM podría ser substituida por salvado de trigo (ST). El ST se caracteriza por tener un contenido medio de proteína cruda (14 a 19%), variable contenido de almidón (6 a 30%) y un buen contenido de carbohidratos no fibroso (45 – 50%). Sin embargo, no ha sido evaluado la substitución de HVM por ST. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue comparar el efecto de la substitución de VM por ST y BAL sobre la degradabilidad *in situ* de la MS y MO de los silos de nopal.

Materiales y métodos

La prueba se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIDFyMA), que se ubica en Ajuchitlán, Colón, Querétaro, México. Los factores de estudio fueron: fuente de proteína: harina de vaina de mezquite (HVM) o salvado de trigo (ST) y seis niveles de inoculación de bacterias lácticas (0, 1.0, 1,5, 2.0, 2,5 y 3.0 x10^6 UFC /g mezcla fresca; MICRO-SIL, Pro Byn) en un arreglo experimental 2 x 6 bajo un diseño experimental completamente al azar por triplicado. La colección del nopal sin espinas (*Opuntia ficus ficus*) y la vaina de mezquite se realizó en el CENIDFyMA. Brevemente, la composición porcentual de los silos fue nopal, 69 (11.1), vaina molida de mezquite o salvado de trigo, 10 (28.3), rastrojo de maíz, 18 (53.3) y melaza, 3 (7.3) en base húmeda (Base seca),% en microsilos. La apertura de cada microsilo se realizó al azar, entre los días 102 a 151 d (127 d de promedio). Al momento de la apertura de los silos, se tomó una muestra para determinar el contenido de humedad (55°C por 72 h) y, entonces, fueron molidas con un molino tipo Wiley (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ), a través de una criba de 1 mm. Una vez molidas, se colocó 4 ± 0.01 g de muestra en una bolsa de dacrón (Ankom Technologies Corp, Macedon, NY) por cuadruplicado. Las bolsas fueron selladas con calor utilizando con una selladora de pulso (American International Electric). Por cada silo, se colocaron al azar en cuatro bolsas de nailon de 45 x 40 cm para su inserción en el rumen. Previo a la inserción, cada bolsa de nailon fue inmersa en agua a 37°C por 10 a 15 min para humedecer el forraje en las bolsas. Las bolsas fueron incubadas por 48 h en el rumen de dos bovinos adultos con cánula en el rumen. Durante la prueba, los animales fueron mantenidos en pastoreo en un agostadero natural, con libre acceso a agua y a un bloque mineral. Además, los animales recibieron 10 kg de nopal fresco y 2 kg de una mezcla de granos y pastas proteicas por animal/d. Al final de los períodos de incubación (2), las bolsas se extrajeron del rumen y se lavaron mecánicamente con el uso de lauril sulfato sódico (1 g / gramo de residuo). En seguida, las bolsas fueron secadas por 72 h en una estufa de aire forzado y, entonces fueron pesadas. Se determinó la materia seca (100°C) y orgánica (600°C) de las muestras de silos y de los residuos de la digestibilidad. Con estos datos, se determinó el peso de residuo por diferencia. Así, la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DMS) y la materia orgánica (DMO) fue calculada como el porcentaje del peso de la muestra original que desapareció de la bolsa después de la incubación, es decir: DMS/DMO (%)= 100 - (100* ((peso inicial

de la muestra - el peso del residuo) / peso inicial de la muestra). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar y el modelo estadístico incluyó los efectos de fuentes de proteína, nivel de inoculación de bacterias lácticas y su interacción. Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadísticos de SAS (v9.4 TS, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2016). Para determinar el efecto del nivel de inoculación, se utilizaron contrastes ortogonales.

Resultados y discusión

En el cuadro se muestran los resultados de la digestibilidad *in situ* para la materia seca (DMS) y la materia orgánica (DMO) de los silos de nopal. No hubo interacción entre la fuente de proteína y BAL para DMS ($p<0.06$) o DMO ($p<0.14$). Para ambas variables se detectó que la substitución de la VM por ST mejoró ($p < 0.01$) la DMS (73.14 vs 74.80 %) y DMO (71.11 vs 73.05 %). Aunque la HVM y ST se incluyeron al mismo nivel al momento de ensilar, las diferencias de las digestibilidades en unidades porcentuales (1.66 y 1.94 para DMS y DMO) puede deberse a las diferencias entre estos ingredientes. Respecto al efecto de la inoculación con BAL, no se detectó que el nivel de inoculación afectará la DMS, pero para DMO, se detectó un efecto lineal ($p<0.04$). La digestibilidad i*n vitro* de la materia seca de ensilajes de pencas de nopal o pencas con tuna, pero sin VM, fueron 52.3 y 54.8% (Miranda-Romero *et al.,*2018). Estas digestibilidades son substancialmente menores a las reportadas en el presente estudio. En un estudio previo, las digestibilidades *in situ* de silo de nopal con vaina de mezquite fueron 73.8 y 77.0 % para la materia seca y materia orgánica.

Digestibilidad *in situ* de silo de nopal elaborados con harina de vaina de mezquite o salvado de trigo e inoculados con diferentes niveles con bacterias ácido lácticas (BAL).

		# UFC ($x10^6$) / g material fresco al ensilar.							p < X		
Variable	Fuente	0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	EEM	F	B	F*B
DMS	HVM	71.3	73.6	70.5	74.4	73.7	75.4	2.04	0.01	0.01	0.06
	ST	75.3	76.1	73.3	75.4	74.2	74.6				
DMO	HVM	69.1	71.2	68.8	72.3	71.8	73.5	2.24	0.01	0.01	0.14
	ST	73.4	74.4	71.1	73.6	72.7	73.1				

DMS=Digestibilidad *in situ* de la materia seca; DMO= Digestibilidad in situ de la materia orgánica; HVM=Harina de vaina de mezquite (recolección 2024); ST=Salvado de trigo; UFC= Número de unidades formadoras de colonias BAL / g de material fresco al ensilar; EEM= Error estándar de la media; F=Efecto de la fuente de proteína; B=Efecto del nivel de inoculación de bacterias lácticas. F*B= Interacción; p < X=[3]Probabailidad a la que al menos una de las medias es diferente.

Conclusión

La harina de vaina de mezquite puede ser substituida por salvado de trigo, y aún, se mejora la digestibilidad *in situ* del ensilado de nopal. El uso bacterias acido-lácticas mejora la digestibilidad del ensilado de nopal, pero probablemente se requiera inocular mayores dosis que las recomendadas comúnmente.

Implicaciones

Esto amplia las áreas donde se podría utilizar el ensilado de nopal como una opción forrajera.

Fuente financiadora

El trabajo se realizó con recursos autogenerados del INIFAP.

Referencias bibliográficas

1. Han *et al* 2022. Efectos del ensilado de maíz inoculado con bacterias lácticas en las comunidades bacterianas y los metabolitos del tracto digestivo de ovejas. *Fermentation*, *8* (7), 320. https://doi.org/10.3390/fermentation8070320.
2. Miranda-Romero et al. 2018. Nutritive value of cactus pear silages for finishing lambs. JPACD (2018) 20:196-215.
3. Okoye *et al* (2023) The performance of lactic acid bacteria in silage production: A review of modern biotechnology for silage improvement. Microbiological Research. 266: 127212. https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.127212.
4. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide: Statistics. Version 9.4 TS Edition. SAS Institute, Inc., Cary, NC; 2016.
5. Wilkinson et al. 2003. History of silage. In Silage Science and Technology. Agronomy Monograph No. 42. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI. 1-30.

HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS* L.) EN DIETAS PARA CODORNIZ Y SU EFECTO EN EL SISTEMA DIGESTIVO.

José Á. Pérez-Ramírez[1], Arturo Pro-Martínez[2], Fredy Mera-Zuñiga[3], Alondra Juarez-Lucas[1], Fernando González-Cerón[1], Eliseo Sosa-Montes[1], Diego Zárate-Contreras[2*]

[1]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, México;
[2]Posgrado de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México;
[3]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Tecomatlán, Departamento de Ingenierías, Tecomatlán, Puebla, México.

* Autor para correspondencia: zarate.diego@colpos.mx

Palabras clave: codornices, órganos digestivos, nutrición animal.

Introducción

La proteína juega un papel importante en la nutrición de aves de corral, sin embargo, las fuentes convencionales como la harina de pescado o pasta de soya, presentan ciertas desventajas, entre ellas su disponibilidad y su costo. Por motivo del constante incremento en los costos de adquisición de fuentes de proteína, se vuelve importante investigar fuentes alternativas (Olarotimi y Adu, 2017). La sustitución de estas fuentes, debe considerar un buen aporte nutrimental, así como su disponibilidad; además, se deben tener presente ciertos factores antinutricionales que pudieran contener por un mal manejo o contaminantes externos, tal es el caso de la harina de pescado, que ha demostrado que al sobrecalentarse puede ocasionar la erosión de la molleja (Pino *et al.,* 2018). Asimismo, se deben analizar las fuentes no convencionales para que tengan un perfil nutricional óptimo, además de garantizar que sean producidas con ciertos estándares de calidad, que favorezcan el crecimiento de los órganos intestinales, como el hígado, el ciego, el proventrículo y la molleja; lo que al mismo tiempo mejora la digestión y la absorción de nutrientes resultando en un comportamiento productivos óptimo. En este estudio se hipotetizó, que la adición de Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN) en dietas para codornices incrementa el tamaño de los órganos intestinales sin comprometer la salud intestinal y el desempeño productivo. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la sustitución parcial y completa de la proteína de pasta de soya por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra en dietas para codornices japonesas y su efecto en el peso de los órganos del sistema digestivo.

Materiales y métodos

La investigación se realizó del 8 de mayo al 12 de junio del año en curso, en las instalaciones avícolas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, en las coordenadas 19° 27′ 47″ latitud norte y 98° 54′ 27″ longitud oeste, a una altitud de 2,247 m. En este estudio se cumplió con la Guía de Cuidado y Uso de Animales de Experimentación aprobada por el Consejo Académico General del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, México (2019).

Se utilizaron 288 codornices japonesas (*Coturnix coturnix japónica*) de un día de edad. Desde la eclosión, fueron asignadas completamente al azar en tres dietas tratamiento con 8 repeticiones de doce aves (mixtas: machos y hembras) cada una. Las codornices fueron alojadas en criadoras eléctricas de batería; cada jaula de 0.6 m x 0.44 m x 0.39 m de larga, ancho y alto, respectivamente (0.264 m^2), en cada espacio se alojaron 6 codornices (0.044 m^2 por ave), la temperatura inicial fue de 32 °C y se redujo 2 °C por semana hasta llegar a una temperatura de 24 ºC, esta se reguló a través de un termostato que controlaba el funcionamiento de las resistencias eléctricas. El régimen de iluminación fue de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. Las aves se alimentaron con tres dietas isoproteicas e isoenergéticas en dos etapas: iniciación (del nacimiento a los 14 días de edad) con 22.0% proteína cruda (PC) kg^{-1} de alimento y 2,900 kcal de energía metabolizable (EM) kg^{-1} de alimento (la pasta de soya aporto el 17.9% de la PC en la dieta); desarrollo (del día 15 al 35 de edad) con 21.0% PC kg^{-1} de alimento y 2,850 kcal de EM kg^{-1} de alimento (la pasta de soya aporto el 16.5% de la PC en la dieta). Los tratamientos fueron los siguientes: T_1, dieta control a base de maíz amarillo y pasta de soya; T_2 dieta con la sustitución del 50% de la proteína proveniente de la pasta de soya por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN); T_3, dieta con la sustitución del 100% de la proteína de la pasta de soya por HLMSN. Cada dieta contenía aminoácidos,

calcio, fósforo, minerales y vitaminas. Se proporcionó agua y alimento a libre acceso durante todo el período experimental. Al día 35 de edad se seleccionaron 192 codornices (machos, peso vivo= 145.66 g y hembras, peso vivo= 139.56 g), 4 machos y 4 hembras por repetición, las cuales se sacrificaron de manera humanitaria de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995. Las variables evaluadas fueron: peso del proventrículo (g), peso de la molleja (g), peso del hígado (g), peso del páncreas (g), peso del intestino delgado (ID, g), peso de los ciegos (g) y peso del intestino grueso (IG, g), se utilizó una báscula con capacidad de 3 kg, precisión 0.1 g (marca Truper modelo Base-3). El diseño experimental fue completamente al azar. Los datos fueron analizados siguiendo el procedimiento PROC MIXED de SAS Institute Inc. (2011; versión 9.3, Cary, NC), mediante un modelo de medidas repetidas con un arreglo factorial 3 × 2 (dieta × sexo). Para la comparación de medias se utilizó un α=0.05.

Resultados y discusión

Las codornices de T_2 registraron un peso del proventrículo (P≤0.05) menor en 0.08 g a las aves de T_1, otras comparaciones no fueron diferentes. Con respecto al peso de los ciegos, las codornices de T_2 presentaron un peso inferior (0.16 g) a T_1 y T_3 (P≤0.05). En las variables restante no se observaron diferencias (P>0.05) por efecto de tratamientos. Por otra parte, por efecto del sexo, las hembras presentaron un peso superior a los machos en el peso del proventrículo, molleja e intestino delgado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Peso de los órganos digestivos (g) en codornices japonesas de 35 días de edad con el efecto de la dieta, el sexo y su interacción.

Variable (g)	Dieta			EEM	Sexo		EEM	*P-valor*		
	T_1	T_2	T_3		Macho	Hembra		Dieta	Sexo	Dieta × Sexo
Proventrículo	0.64^{a}	0.56^{b}	0.61^{ab}	0.02	0.58^{b}	0.63^{a}	0.02	0.0057	0.0065	0.8879
Molleja	3.60	3.62	3.60	0.05	3.38^{b}	3.83^{a}	0.04	0.9789	<.0001	0.2203
Hígado	2.97	2.75	2.92	0.09	2.83	2.94	0.07	0.1324	0.2451	0.5397
Páncreas	0.29	0.25	0.25	0.01	0.26	0.27	0.01	0.1087	0.5735	0.6039
ID	1.88	1.94	1.99	0.06	1.85^{b}	2.03^{a}	0.05	0.4441	0.0090	0.8982
Ciegos	1.04^{a}	0.88^{b}	1.04^{a}	0.04	0.94	1.03	0.04	0.0124	0.0861	0.4228
IG	0.35	0.26	0.30	0.04	0.31	0.30	0.03	0.1781	0.9395	0.6998

^{abc}Literales distintas dentro de cada fila indican diferencia significativa (P≤0.05). T_1= 100% pasta de soya, T_2= 50% de la proteína de pasta de soya sustituida por Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (HLMSN), T_3= 100% HLMSN. EEM= error estándar de la media. ID= intestino delgado. IG= intestino grueso.

La información para constatar estos resultados con otras investigaciones bajo las mismas condiciones es limitada. Perdomo et al. (2023) evidencian el efecto que tiene un ingrediente utilizado en la alimentación de codornices sobre el sistema digestivo, en su estudio evaluaron la adición de 10 y 20% de harina de Morera (*Morus alba*) en codornices de 42 días de edad, registrando un peso superior en la molleja, hígado, ciegos e intestino delgado (4.0 g, 2.1 g, 1.5 g, 2.5 g para el 10% y 4.8 g, 2.3 g, 1.85 g, 3.2 g para el 20%, respectivamente) conforme incrementaron el porcentaje de inclusión, estos valores son superiores a los obtenidos en este estudio, esto puede ser atribuido al tipo de ingrediente que se utilizó, y a la edad del animal. Con respecto al efecto del sexo, las hembras tienden a presentar mayor desarrollo en algunos órganos del sistema digestivo, esto coincide con Oguz et al. (1996), donde mencionan que la línea genética y el sexo influyen en el desarrollo.

Conclusiones

En conclusión, la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra puede sustituir el 100% de la proteína aportada por pasta de soya en dietas para codorniz, sin afectar el desarrollo normal de los órganos del sistema digestivo.

.

Agradecimientos y fuente fnanciadora
El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al PREGEP-Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por el financiamiento de la presente investigación. Este estudio, es parte de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

Referencias bibliográficas

1 Oguz, I., Altan, O., Kirkpinar, F. and Settar, P. 1996. Body weights, carcase characteristics, organ weights, abdominal fat, and lipid content of liver and carcase in two lines of Japanese quail (*Coturnix coturnix* japonica), unselected and selected for four week body weight. British Poultry Science. 37(3):579-588.

2 Olarotimi, O.J. and Adu, O.A. 2017. Potentials of Non-Conventional Protein Sources in Poultry Nutrition. Archivos de Zootecnia. 66(255):453-459.

3 Perdomo, D.A., Díaz, D., Briceño, A., González, D., Moratinos, P., Villegas, E., Pacheco, V. and Perea, F. (2023). Morphometry of gastrointestinal organs and blood biochemistry in Japanese quails (*Coturnix coturnix* japonica) fed with Mulberry (Morus alba) flour. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 31(2):159-169.

4 Pino, J.G., Pino-Hernández, E., Villa, P.M. y Ruíz-González, J. 2018. Efecto de diferentes niveles dietéticos de harina de pescado sobre la producción y calidad de huevos de codornices. Cumbres. 4(2):77-90.

5 SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3 User´s guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

EFECTO DEL ALGA ROJA MARINA *Solieria filiformis* SOBRE LA PRODUCCIÓN DE METANO EN OVINOS.

Miguel Eduardo Ruiz-García[1], Atmir Romer-Pérez[2*], Luis Corona-Gochi[2], Juan Manuel Pinos-Rodríguez[1], José Moisés Talamantes-Gómez[2], Claudia Cecilia Márquez-Mota[2], Daniel Robledo Ramírez[3].

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana, [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, [3]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), Unidad Mérida, AP 73, Cordemex, 97310, Mérida, Yucatán, México.

*Autor para correspondencia: atmir@unam.mx

Palabras clave: metano, algas, ovinos.

Introducción

Actualmente, como humanidad, nos enfrentamos a un problema que se agrava cada día más, el calentamiento global, asociado a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), que tienen una gran capacidad para almacenar calor y su producción ha ido en aumento como resultado de la actividad antropogénica, destacando la industria, el transporte y la actividad agrícola FAO (2019). Los GEI de mayor relevancia son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Los rumiantes producen CH_4 durante el proceso normal de digestión de los alimentos. La disminución de las emisiones de CH_4 entérico es fundamental, ya que el CH_4 es un potente gas de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global 28 veces mayor al del CO_2 (IPCC, 2021), cuya síntesis representa una pérdida de energía para los rumiantes. Algunos estudios previos han demostrado que la suplementación de algunas especies de algas rojas en la dieta de rumiantes puede reducir drásticamente las emisiones de CH_4 entérico (Xixi et al., 2016). México es considerado un país megadiverso, que posee extensos litorales y una gran cantidad de especies de algas endémicas que podrían representar una oportunidad para mitigar las emisiones de GEI de la industria ganadera. Este trabajo es una prueba piloto que busca cuantificar el efecto de la inclusión de alga *Solieria filiformis* en la dieta de ovinos como mitigador de la producción de metano en ovinos

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ubicado en San Miguel Topilejo en la Ciudad de México. El experimento tuvo un diseño en bloques completos al azar. Se emplearon 12 borregos los cuales fueron alimentados con una dieta alta en forraje y dos niveles de inclusión del alga *Solieria filiformis* (0 y 7% de la materia seca). Así mismo los animales fueron agrupados con base a su peso (ligeros y pesados). El alga empleada fue cultivada y cosechada en condiciones controladas por parte del CINVESTAV Unidad Mérida. Una vez cosechada, el alga fue deshidratada en estufa de flujo de aire forzado y enviada a la UNAM para ser incluida en la prueba. La prueba incluyó un periodo de adaptación de 10 días, seguido de un periodo de medición de la producción de metano (7 días) y de un periodo de medición de la digestibilidad del alimento (4 días). La duración de la prueba estuvo determinada por la cantidad de biomasa disponible. Para la determinación de la producción de metano se empleó la técnica del gas trazador SF_6 descrita por Johnson (1994). Las muestras obtenidas se conservaron en viales de vidrio (Exetainer®, Labco Inc, UK) al vacío hasta su posterior análisis por cromatografía de gases (modelo 5890; Hewlett-Packard, Wilmington, DE) para la determinación de CH_4 y SF_6. En el caso de la digestibilidad aparente, se determinó por medio de la técnica de colección total de heces. Las muestras de alimento y heces se trasladaron al laboratorio de bromatología del a FMVZ-UNAM para su análisis. Adicionalmente, el último día de la prueba, se colectaron muestras de contenido ruminal (50 mL aproximadamente) empleando una sonda esofágica. Se colectaron sub-muestras de 5 mL, se depositaron en bolsas conteniendo 1 mL de ácido metafosfórico y se conservaron en congelación hasta su posterior análisis para ácidos grasos de cadena corta (AGCC) por medio de cromatografía de gases. Durante la prueba, los animales se alojaron de forma individual en jaulas metabólicas (0.94 m de largo × 0.80 m de ancho) equipadas con comedero y bebedero automático dentro de corrales techados (4 m de largo por 4 m de ancho) con un total de 3 jaulas por corral. Los animales fueron sustraídos de las jaulas y se mantuvieron en el corral para ejercitarse, descansar y socializar una hora diaria. Los datos se analizaron como un diseño

de bloques completos al azar utilizando un procedimiento de modelo mixto (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Para las variables de producción de metano y digestibilidad, se incluyó el día de muestreo como una medida repetida en el tiempo. Las diferencias de tratamiento se declararon significativas con $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p>0.05$) para las variables de producción de metano (Cuadro 1). Previamente, Xixi *et al.* (2016) observaron una reducción significativa en la producción de metano de hasta el 80% empleando un alga roja marina (*Asparagopsis taxiformis*) en la alimentación de ovinos con un nivel máximo de inclusión del 3% de materia orgánica. Dicha reducción se asocia a la presencia de algunos compuestos halogenados altamente volátiles como el bromoformo, el cual puede inhibir la síntesis de CH_4 entérico. El alga empleada en el presente estudio, se secó en horno y se espera que presente una menor concentración de compuestos bioactivos con potencial antimetanogénico.

Cuadro 1. Efecto de la inclusión del alga marina *Solieria filiformis* en la dieta de ovinos sobre la producción de metano.

	Dieta			
Ítem	**Control**	***S. filiformis***	**EEM**	***p***
CH_4 (g/d)	21.67	20.11	1.64	0.493
CH_4 (g/kg MS)	13.56	11.89	1.29	0.279
CH_4 (% EB)	4.57	4.04	0.44	0.305

MS, Materia seca; EB, energía bruta.

Tanto el consumo, la digestibilidad de la materia seca y la concentración de AGCC en el líquido ruminal (Cuadro 2) no fueron estadísticamente diferentes ($p>0.05$) entre tratamientos. Previamente, Xixi *et al.* (2016) observaron diferencias significativas en la producción total de AGCC y la proporción acetato:propionato en ovinos consumiendo el alga *Asparagopsis taxiformis*. Sin embargo, en dicho estudio, a diferencia de lo observado en el presente estudio, sí se observó una reducción en la producción de CH_4. Es común observar cambios en el patrón de fermentación ruminal cuando la producción de metano se encuentra inhibida, lo cual suele favorecer el incremento en la concentración de propionato y la reducción del acetato.

Cuadro 2. Efecto de la inclusión del alga roja marina *Solieria filiformis* en la dieta de ovinos sobre el consumo, la digestibilidad de la materia seca y concentración de ácidos grasos de cadena corta.

	Dieta			
Item	**Control**	***S. filiformis***	**EEM**	***p***
Consumo (g MS/d)	1617	1657	99.62	0.409
Digestibilidad, MS (g/kg MS)	613.5	609.9	0.272	0.213
AGCC Totales (mM)	81.04	84.92	6.344	0.675
AGCC (mol/100 mol)				
Acetato	71.77	72.90	0.625	0.231
Propionato	16.16	15.24	0.526	0.129
Butirato	9.26	9.31	0.346	0.926
Isobutirato	0.90	0.90	0.082	0.550
Isovalerato	0.85	0.77	0.072	0.451
Valerato	0.99	0.88	0.049	0.169
Acetato:Propionato	4.47	4.80	0.185	0.109

MS, materia seca; AGCC, ácidos grasos de cadena corta.

.

Conclusiones

El alga roja marina *Solieria filiformis* secada en estufa, puede ser empleada en la alimentación de ovinos a un nivel de inclusión del 7% de la materia seca sin efectos adversos sobre el consumo, la digestibilidad del alimento y la fermentación ruminal. Sin embargo, no representa una opción viable para reducir la producción de metano entérico. Es necesario verificar la concentración de metabolitos con potencial antimetanogénico presentes en la biomasa empleada en el presente estudio, y en su caso, realizar modificaciones en el manejo del alga previo a su inclusión en la dieta en estudios posteriores.

Fuente financiadora

Esta investigación fue realizada con el apoyo del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (Proyecto IA209923), de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Referencias bibliográficas

1. FAO Food and Agriculture Organization (2019). FAO's work on Climate Change. Recuperado de: http://www.fao.org/climatechange/es/
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, the United Kingdom and New York.
3. Johnson, K.A.; Huyler, M.T.; Westberg, H.H.; Lamb, B.K.; Zimmerman, P. (1994). Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a sulfur hexafluoride tracer technique
4. Li Xixi, Norman Hayley C., Kinley Robert D., Laurence Michael, Wilmot Matt, Bender Hannah, de Nys Rocky, Tomkins Nigel (2018) Asparagopsis taxiformis decreases enteric methane production from sheep. Animal Production Science 58, 681-688.

SECCIÓN 8

Salud animal, diagnóstico, control y epidemiología



"EN LA COSECHA DE MELÓN" / *Lorenzo Danilo Granados Rivera*

FRECUENCIA SEROLÓGICA DEL SUBTIPO H1N2 DEL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN EL ESTADO DE JALISCO.

José Francisco Rivera-Benítez[1]*, Jazmín De la Luz Armendáriz[2], Marta Macías García[3], Suzel Guadalupe Sauceda-Cerecer[4], Jorge Galindo Barboza[1]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.[3]Investigadora independiente. [4]Unión Regional de Porcicultores de Jalisco y Comité Estatal de Fomento a la Protección Pecuaria de Jalisco.

*Autor para correspondencia: rivera.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Influenza, IHA, frecuencia.

Introducción
Las características genéticas (ARN segmentado) del virus de la influenza A permiten eventos de reordenamiento cuando dos o más virus coinfectan una sola célula. Estos eventos no son raros en la naturaleza y es considerado un mecanismo para la generación de virus con potencial pandémico en la población humana, particularmente cuando se presentan estas coinfecciones en una especie altamente susceptible, como el cerdo. Desde el año 1998, se han aislado virus de la influenza H3N2 triplemente reordenante que contienen genes de linaje humano, porcino clásico y aviar en cerdos de Estados Unidos. A inicios de la década de 2000 se ubicaron cepas de influenza porcina H1N1 clásica recombinados con las cepas H3N2, dando como resultado el subtipo H1N2 que contenían genes de linajes de virus de influenza humana, porcina clásica y aviar (1). En el año 2012 se reportó una cepa del subtipo H1N2 en Ontario, que contenía la HA1 homologa (99%) a la cepa A(H1N1)pdm09 [A/México/ InDRE4487/09] de México (2). Este mismo subtipo se reportó en México en el año 2013 y 2014 (3,4). Actualmente, se aplica de manera limitada una vacuna inactivada con los subtipos H1N1, H3N2 y H1N2, sin embargo, no se conoce ampliamente el estado serológico que se presenta en las granjas del estado de Jalisco con relación al subtipo H1N2.

Objetivo
Aplicar una encuesta serológica en granjas porcinas comerciales, en el Estado de Jalisco, sospechosas a la infección con el virus de la influenza porcina subtipo H1N2.

Materiales y métodos
Muestras biológicas

Como parte del programa de vigilancia epidemiológica en el Estado de Jalisco, se realizaron encuestas a productores y se planificaron muestreos en granjas sin cuadros respiratorios activos (años 2022-2024), se colectaron 2209 sueros de 101 granjas del Estado de Jalisco. Las muestras de suero fueron analizadas mediante inhibición de la hemaglutinación (IHA) para el subtipo H1N2.

Las unidades de producción se consideraron por región de acuerdo a la clasificación del Grupo Estatal de Vigilancia Epidemiológica (GEVE), el cual considera una regionalización de acuerdo a lo siguiente:

Región A: corresponde a las regiones norte, sur y este, en donde existe una menor densidad de población porcina.
Región B1: zona de los Altos Norte.
Región B2: zona de los Altos más densamente poblada.
Región B3: zona de los Altos de baja densidad poblacional.

Prueba serológica
Prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH)
La evaluación serológica se llevó a cabo por medio de la prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH) empleando lotes virales previamente. La prueba de IH se realizó con diluciones dobles seriadas del suero comenzando 1:20 y finalizando en la dilución 1: 5,120, se emplearon ocho unidades hemoaglutinantes de cada cepa viral. Los sueros se consideraron como suero positivo a la presencia de anticuerpos específicos

en contra del subtipo viral analizado, en todos aquellos pozos en donde se observó sedimentación de glóbulos rojos y los sueros negativos serán aquellos pozos en los que se identifique hemoaglutinación. El punto de corte fue a partir de la dilución 1:80 y hasta 1:5,120, las cuales fueron consideradas como positivas.

Resultados

Se detectó 100% de seropositividad en las granjas analizadas, con diferente porcentaje de presentación de acuerdo al título de anticuerpos (Cuadro 1). Se identificó en promedio un 84.18% de sueros positivos para el subtipo H1N2. La mayor cantidad de títulos se encuentra distribuida en la clasificación de títulos bajos, lo que podría expresar una exposición previa antigua o anticuerpos derivados de inmunización, sin embargo, la relación con la cobertura de vacunación es baja (Cuadro 2).

Cuadro 1. Distribución porcentual de los títulos de anticuerpos para el subtipo H1N2

Título de anticuerpos	H1N2
<80	12.72
80	30.96
160	31.05
320	15.36
640	6.79
1280	2.09
2560	0.91
5120	0.09

Cuadro 2. Distribución porcentual de la positividad serológica para el subtipo H1N2 y porcentaje cobertura vacunal en 101 granjas analizadas.

Región	Granjas (n)	Sueros (n)	H1N2 (%)	Cobertura vacunación (%)
A2	2	50	60	50
A3	14	315	75	36
A4	20	440	90	50
A5	9	220	85	11
B1	9	225	61	33
B2	14	296	93	29
B3	33	663	91	18

La distribución geográfica de las granjas seropositivas se presentó principalmente en la zona de los altos B2 y B3, en la figura 1 se muestran los patrones observados.

Discusión

Con la prueba serológica realizada se demostró la presencia de anticuerpos contra el virus de influenza subtipo H1N2 en las muestras analizadas, en las 101 granjas incluidas en el presente estudio. Se identificaron porcentajes de positividad por región del 60 al 93%, en algunos casos con títulos de anticuerpos altos, lo que refleja la circulación del subtipo H1N2 en la porcicultura del estado. En el año 2014, en un muestreo realizado en el estado de Jalisco, se identificó un 35.2% de seropositividad en 12 municipios (4), lo que indica un incremento de más del 100% en un periodo de 10 años. La cobertura de vacunación es escasa, registrando un valor del 30% en promedio para las 4 regiones analizadas. De cuatro vacunas comerciales registradas, solamente una cuenta con el subtipo H1N2 en su formulación, lo que, de acuerdo a los resultados de la frecuencia serológica, refuerza la importancia de contar con mayor diversidad de vacunas que contengan el subtipo analizado. El estado de Jalisco es el principal productor de cerdo a nivel nacional y mantiene esta importante actividad como un pilar de la economía estatal. La vigilancia de los diferentes subtipos de influenza porcina refleja la necesidad de realizar estudios exhaustivos en torno a la prevalencia, circulación por estación climatológica, entre otras. Con la información obtenida se plantean

desarrollos tecnológicos asociados a pruebas de diagnóstico o biológicos adaptados a las necesidades reales, partiendo de la obtención de cepas mexicanas que sean referente en la porcicultura estatal.

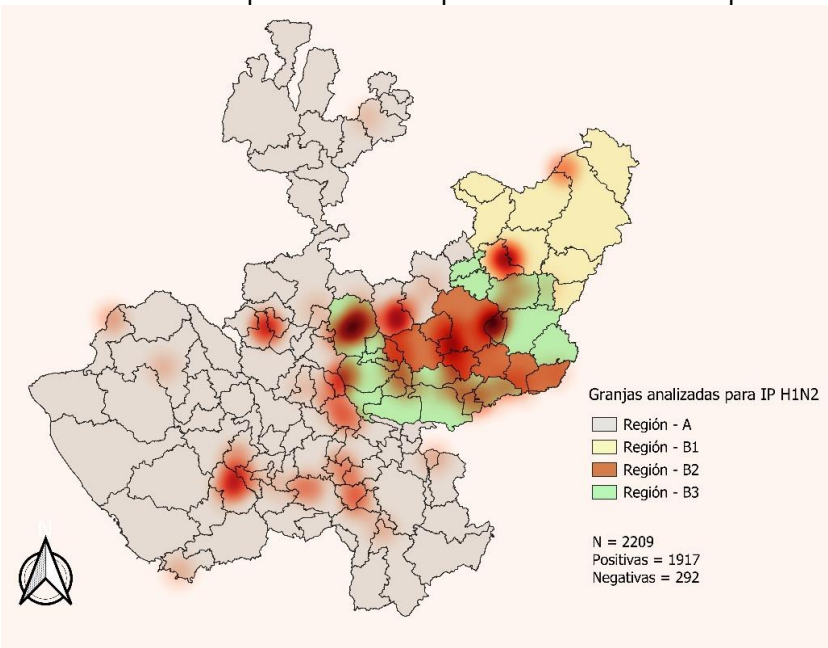


Figura 1. Distribución de las granjas estudiadas para influenza porcina subtipo H1N2, por región. El mapa de calor representa los títulos de anticuerpos obtenidos mediante la prueba de inhibición de la hemaglutinación en muestras recolectadas en granja.

Conclusiones

Se identificó una alta seropositividad al virus de influenza porcina, los seroperfiles realizados permitieron ubicar la distribución de títulos de anticuerpos para el subtipo H1N2. Con la información generada se continúan con proyectos que buscan desarrollar pruebas de diagnóstico y biológicos adaptados a las necesidades regionales, en este caso el estado de Jalisco.

Fuente financiadora

Proyecto Recursos Fiscales INIFAP. SIGI No. 7285536076.

Referencias bibliográficas

1. Karasin AI, Carman S, Olsen CW2006.Identification of Human H1N2 and Human-Swine Reassortant H1N2 and H1N1 Influenza A Viruses among Pigs in Ontario, Canada (2003 to 2005). J Clin Microbiol44:.https://doi.org/10.1128/jcm.44.3.1123-1126.2006
2. Grgić, H., Costa, M., Friendship, R. M., Carman, S., Nagy, É., & Poljak, Z. (2015). Genetic Characterization of H1N1 and H1N2 Influenza A Viruses Circulating in Ontario Pigs in 2012. PloS one, 10(6), e0127840. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127840
3. Nelson, M., Culhane, M. R., Rovira, A., Torremorell, M., Guerrero, P., & Norambuena, J. (2015). Novel Human-like Influenza A Viruses Circulate in Swine in Mexico and Chile. PLoS currents, 7, ecurrents.outbreaks.c8b3207c9bad98474eca3013fa933ca6. https://doi.org/10.1371/currents.outbreaks.c8b3207c9bad98474eca3013fa933ca6
4. Sánchez-Betancourt, J. I., Cervantes-Torres, J. B., Saavedra-Montañez, M., & Segura-Velázquez, R. A. (2017). Complete genome sequence of a novel influenza A H1N2 virus circulating in swine from Central Bajio region, Mexico. Transboundary and emerging diseases, 64(6), 2083–2092. https://doi.org/10.1111/tbed.12620

EVALUACIÓN ANTIMICROBIANA DE NANOPARTICULAS DE PLATA CONTRA UN AISLAMIENTO DE *MORAXELLA OVIS* AISLADO DE LESIONES OCULARES EN UN OVINO.

Giovany Ortiz-Arana[1]*, Delia Xóchitl Vega-Manríquez[1], Milagros González-Hernández[1], Jorge Pablo Acosta-Dibarrat[2], Martin Talavera-Rojas[2], José Luis Gutiérrez-Hernández[3], Erika Gabriela Palomares-Resendiz[3].

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México.
[2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México
[3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias CENID-SAI.

*Autor para correspondencia giovany.ortiz@uaslp.mx

Palabras clave: nanotecnología, resistencia antimicrobiana, enfermades oculares.

Introducción

En el sector pecuario algunas enfermedades son pocos estudiadas como es el caso de la Queratoconjuntivitis Infecciosa que es una enfermedad que afecta la visión de los pequeños rumiantes teniendo como signologia epifora, edema palpebral, conjuntivitis, secreciones nasales y si el curso de la enfermedad avanza puede generar ceguera de forma temporal o permanente en los animales afectados. Esta patología se asocia a un conjunto de agentes bacterianos incluyendo al género *Moraxella.* teniendo tres especies de interés *M. ovis*, *M. bovis y* recientemente identificada a *M. bovoculi que* se han identificados en lesiones oculares en ovinos y bovinos (Farias *et al.*, 2015) . Nuevas investigaciones han permitido utilizar el uso nanotecnología y el uso de nanomateriales para combatir procesos infecciosos, en particular las nanopartículas de plata AgNPs, que han demostrado tener un efecto contra diversos patógenos incluye bacterias Gram positivas y negativas. La actividad biocida de las AgNPs depende de varias características fisicoquímicas de la partícula, influyen directamente en el éxito de estos compuestos como agentes antimicrobianos. Hoy en día, existe la necesidad de buscar alternativas prometedoras que puedan ayudar a mitigar el impacto de las enfermedades infecciosas y se está apostando en la utilización de herramientas de la bionanotecnología (Allaker y Ren,. 2008).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la actividad antimicrobiana de las nanopartículas de plata en un aislamiento de *Moraxella ovis* obtenidos de un caso clínico de queratoconjuntivitis infecciosa en un ovino.

Materiales y métodos

Aislamiento.

El aislamiento de *Moraxella ovis* se obtuvo de un caso clínico en queratoconjuntivitis infecciosa en un ovino en el Estado de México en un estudio previo. Donde se identificó a la bacteria mediante técnicas bacteriológicas clásicas y moleculares mediante el gen *16s rRNA* (Ortiz-Arana et al., 2024)

Cepa controles

Se utilizaron como cepas controles representante de las bacterias Gram negativas a *Escherichia coli* (ATCC 25922) y para bacterias Gram positivas a *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). Para los ensayos se ajustaron las suspensiones bacterianas a una concentración de 10^6 UFC/mL para *M. ovis* y 10^8 UFC/mL para *E. coli y S. aureus.*

Nanopartículas de plata. Para los ensayos de sensibilidad antimicrobianas se adquirió comercialmente nanopartículas de plata de ≤100 nm estabilizadas polivinilpirrolidona (PVP) (AgNPs) (Cat. 576832-5G, Sigma Aldrich). Se ajustaron concentraciones mínimas de las AgNPs de 2.69 µg/L (25 mM) hasta llegar a un máximo de 21.57 µg/L (200 mM).

Actividad antimicrobiana.

La evaluación de la actividad antimicrobiana de las AgNPs se realizó mediante el método de difusión en disco Se utilizó unidiscos de papel de filtro Whatman (n. ° 1) con diámetro de 5 mm se impregnaron por separado con 20 µL de una solución de las AgNPs empleando diversas concentraciones de 2.69 a 21.57 µg/L (25 a 200 mM)., posteriormente los discos se evaporaron a 37°C hasta secar. Se emplearon las suspensiones bacterianas antes mencionadas, se extendieron sobre las placas de agar Mueller Hilton para

el crecimiento de las bacterias y posteriormente se añadió los filtros impregnados con las AgNPs con las diversas concentraciones. Se empleo gentamicina (10µg) como control positivo y agua destilada estéril como control negativo. Las placas se incubaron durante 24 h a 37°C, posteriormente se midieron la zona de inhibición expresando en milímetros los ensayos antimicrobianos se realizaron por triplicado (Geethalakshmi y Sarada, 2012).

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron mediante el software estadístico SPSS Statistics Standard Versión 20 (IBM, Armonk, NY, USA) sometiendo a un análisis de varianza paramétrico (ANOVA), Prueba de Tukey y T student con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Resultados y discusión.

El método de difusión en disco se observó que a partir de la concentración de 10.78 µg/L (100mM) de las AgNPs mostraron una actividad antimicrobiana en el aislamiento de *M. ovis* (Figura 1), expresando un diámetro de halos de inhibición 9.33 mm, mientras que, para las cepas controles *E. Coli* y *S. aureus* los halos de inhibición fueron mayores 14.33 mm y 14.0mm usando menores concentraciones de las AgNPs de 5.39 µg/L (50mM) y 8.09 µg/L (75mM) respectivamente (Cuadro 1).

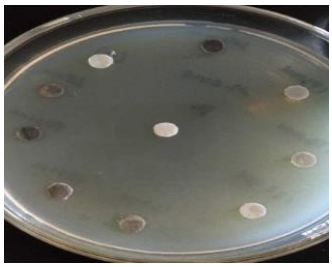


Figura 1. Evaluación de la actividad antimicrobiana de las AgNPs mediante método de difusión en disco sobre *M. ovis.*

Cuadro 1. Actividad antimicrobiana de las AgNPs-C por el método difusión en disco

Cepas	Concentración de las AgNPs-C/milímetros								Control	
									(-)	(+)
	2.69µg/L (25 mM)	5.39µg/L (50 mM)	8.09µg/L (75mM)	10.78µg/L (100 mM)	13.48µg/L (125mM)	16.18µg/L (150 mM)	18.87µg/L (175 mM)	21.57µg/L (200 mM)	H_2O Estéril	Gentamicina 10µg
M. ovis	7.17 ±0.24	7.67 ±0.47	8.50 ±0.24	9.33* ±0.14	8.83* ±0.70	7.67 ±0.47	8.67* ±0.47	10.70* ± 0.71	-	22.50 ±2.12
E. coli	11.00* ±0.0	14.33* ±0.0	10.33* ±0.0	10.33* ±0.0	9.67* ±0.0	8.0 ±0.0	10.0* ±0.0	9.0 ± 0.0	-	18.33 ±0.0
S. aureus	10.67 ±0.0	13.33 ±0.0	14.0* ±0.0	12.67* ±0.0	10.67* ±0.0	12.0* ±0.0	10.0 ±0.0	10.0 ±0.0	-	22.33 ±0.0

Diversos autores mencionan que el efecto antibacteriano de las AgNPs depende de diversos factores desde la concentración de las nanopartículas, así como de la complejidad de los microorganismos, de las propiedades fisicoquímicas de las nanopartículas y de lo(s) método(s) de síntesis de la nanopartícula y el método de evaluación antimicrobiana.

Se ha reportado de la actividad antimicrobiana de las AgNPs en una amplia gama de bacterias como *E. coli, S. aureus , K. pneumonia*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, *Shigella* sp., *Kleibsiella* sp, *Vibrio Cholerae*, *Enterobacter sp, C. diptheriae*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis, Y. enterocolitica*, *P. vulgaris y S. faecalis*

(Geethalakshmi and Sarada, 2012; More *et al*., 2023), sin embargo, no hay reportes donde han sido evaluados en *Moraxella ovis* siendo los primero estudios en estas bacterias.

Conclusión.

Con base a los resultados obtenidos el uso de las nanopartículas de plata a una concentración 10.78 mg/L tienen un efecto bactericida en cepas de *Moraxella ovis*, proponiendo como propuesta de alternativa al uso de antibióticos en el tratamiento de casos clínicos de queratoconjuntivitis contagiosa ovina, sin embargo, se necesita más estudios para evaluar los riesgos y sus efectos nanotoxicológicos *in vitro* e *in vivo* de las AgNPs.

Agradecimientos y fuente financiadora

El estudio de investigación se desprendió del estudio de la "Caracterización, fenotípica y genotípica y resistencia antimicrobiana de aislados de *Moraxella spp* obtenidos de casos clínicos de queratoconjuntivitis ovina" con clave de registro 4629/2019 S F. UAEM.

Referencias bibliográficas.

1. Allaker, R. P. and Ren, G. (2008) 'Potential impact of nanotechnology on the control of infectious diseases', *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 102(1), pp. 1–2. doi: 10.1016/j.trstmh.2007.07.003
2. Arana, G. O., Rojas, M. T., Vargas, E. S., Reséndiz, E. G. P., Gómez, E. E., Miranda, C. S., & Acosta, J. (2024). Characterization and antimicrobial resistance of *Moraxella ovis* isolates from clinical cases of contagious ovine keratoconjunctivitis in Mexico State, Mexico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, *37*(1), 14-26. doi.org/10.17533/udea.rccp.v37n1a4
3. Farias, L. D. A., Maboni, G., Matter, L. B., Scherer, C. F. C., Libardoni, F., & de Vargas, A. C (2015) 'Phylogenetic analysis and genetic diversity of 3' region of *rtxA* gene from geographically diverse strains of *Moraxella bovis*, *Moraxella bovoculi* and *Moraxella ovis*', *Veterinary Microbiology*. Elsevier B.V., 178(3–4), pp. 283–287. doi: 10.1016/j.vetmic.2015.05.025.
4. Geethalakshmi, R. and Sarada, D. V. L. (2012) 'Gold and silver nanoparticles from Trianthema decandra: Synthesis, characterization, and antimicrobial properties', *International Journal of Nanomedicine*, 7, pp. 5375–5384. doi: 10.2147/IJN.S36516.
5. More, P. R., Pandit, S., Filippis, A. D., Franci, G., Mijakovic, I., & Galdiero, M. (2023). Silver nanoparticles: bactericidal and mechanistic approach against drug resistant pathogens. *Microorganisms*, *11*(2), 369. doi: 10.3390/microorganisms11020369

LA SALMONELOSIS EN PEQUEÑAS ESPECIES SE ENCUENTRA LIGADA AL EMPLEO DE DIETAS CON CARNE CRUDA.

Santiago Zapata-Ramírez [1], Enrique Jesús Delgado-Suárez [1]*, aría Salud Rubio-Lozano [1], Luisa María Sánchez Zamorano [2]

[1]Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. [2]Dirección de Enfermedades Crónicas. Centro de Salud Poblacional. Instituto Nacional de Salud Pública.

*Autor para correspondencia: ejds@fmvz.unam.mx

Palabras clave: Salmonelosis, dietas BARF, pequeñas especies.

Introducción

En la actualidad existe una tendencia hacia el empleo de dietas menos industrializadas, a base de carne cruda, llamadas BARF (Biologically Appropiate Raw Food) por sus siglas en inglés. Aunque los propietarios perciben estas dietas como más sanas, existen riesgos microbiológicos tanto hacia las pequeñas especies como hacia los propietarios,[1-3] tales como la salmonelosis, una de las principales enfermedades transmitidas mediante agua y/o alimentos en animales y humanos. Al presente, existe escasa información sobre el riesgo microbiológico del empleo de dietas BARF en las pequeñas especies. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es contextualizar las repercusiones potenciales en la salud animal sobre el uso de dietas BARF en pequeñas especies y generar un criterio fundamentado sobre su empleo.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

En esta investigación se buscaron publicaciones científicas, tanto artículos de investigación original como revisiones bibliográficas, en diversas bases de datos (Pubmed, SciELO y Google Académico) considerando el período 1952-2023.

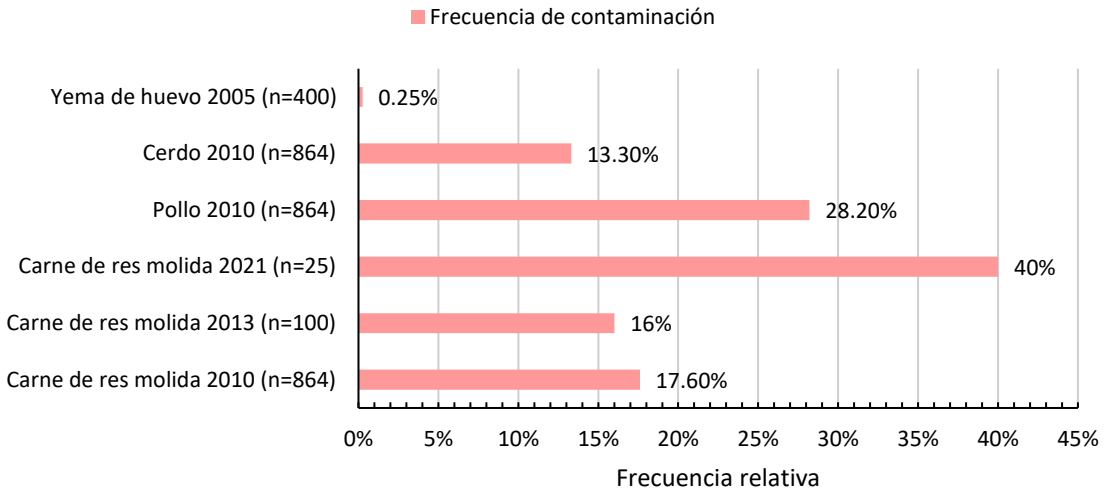
Riesgos microbiológicos

Los patógenos transmitidos por alimentos representan un peligro para la salud humana y animal, pudiendo haber un vínculo entre las infecciones en propietarios, en mascotas y las dietas a base de carne cruda.[4] Cabe destacar que estas dietas no contemplan ningún proceso de eliminación de microorganismos, por lo tanto, el riesgo de transmisión de bacterias patógenas que se encuentren en estos productos es muy alto, por ejemplo, *Salmonella* spp la cual ya está bien documentada su presencia en carne de diversas especies.[5,6] La elección de este tipo de alimentación deberá ser justificada, por lo que los beneficios deberán ser superiores a los riesgos microbiológicos para la salud de las pequeñas especies y de sus propietarios para que sea razonable su empleo.[7] La calidad microbiológica que presentan estos tipos de alimentos BARF en general muestran una presencia de ciertos patógenos como *E. coli* y *Salmonella* spp multirresistentes a betalactámicos por lo que se plantean riesgos de colonización y presentación de enfermedades para humanos y animales.[8]

Frecuencia de contaminación por *Salmonella* spp en insumos para dietas BARF en Ciudad de México

Diversos estudios arrojan para la región de América del Norte la contaminación por *Salmonella enterica* en alimentos crudos para pequeñas especies en frecuencias variables (7.1- 21%); mientras que en alimentos convencionales secos es tan baja como 0.2%. En dietas BARF se han aislado serotipos de importancia para la salud humana, tales como Typhimurium. [8] En México existen escasa información publicada respecto a la existencia de la contaminación de los alimentos destinados para mascotas con *Salmonella* spp. Sin embargo, existe información sobre la inocuidad de los insumos que se emplean en las dietas BARF.[6] Para fines de este trabajo, se centrará en la Ciudad de México ya que es una de las principales entidades federativas en relación a la población de pequeñas especies viviendo en hogares humanos ya que se estima que hay 2,104749 perros y 335871 gatos esto en el año 2022.[9]

Figura 1. Frecuencia de contaminación (*Salmonella*) de los principales insumos empleados en dietas BARF provenientes de la Ciudad de México, México. [10-13]



De los estudios revisados respecto a la carne de res en la Ciudad de México por lo menos han reportado que el 73.7% (14/19) de los aislamientos fueron multidrogo-resistentes (MDR) así mismo se volvió a constatar la existencia siendo el 45% (9/20) de las cepas fueron MDR del estudio más reciente. [11,13] Todos estos insumos cumplen la característica de fácil acceso para su uso en las dietas BARF, ya que fueron muestreados en puntos de venta local. Con esto sustentando otro riesgo que es la adquisición de *Salmonella* multirresistente a antibióticos.

El consumo de alimentos contaminados fomenta la salmonelosis en pequeñas especies

La transmisión de Salmonella a los perros y a sus dueños se centra en la manipulación y/o consumo de productos contaminados de dietas BARF, alimentos secos procesados industrialmente y premios ha sido documentada. [8] En México existe poca evidencia (Tabla 1) de la prevalencia de *Salmonella* en pequeñas especies, sin embargo, existen estudios que datan de 50 años o más que documentan una prevalencia de *Salmonella* en perros del 9% al 27.08% sin embargo no refieren datos adicionales como su tipo de alimentación, si estaban enfermos o sanos.

Tabla 1. Prevalencia de *Salmonella* spp en pequeñas especies en México.

Ciudad/año	Prevalencia	Observaciones	Referencia
Ciudad de México /1951	9% (9/100)	Sin datos de perfil de resistencia antimicrobiana (RAM)	Varela *et al.,* 1952
Ciudad de México/ 1964-1966	16.88% (25/148)	Sin datos de perfil RAM	Grabert, 1967
Ciudad de México/ 1964-1966	27.08% (40/148)	Infección mixta (*Salmonella* spp y *E. coli*) sin datos RAM	Grabert, 1967
Mexicali/ 2014-2015	6.27% (24/385)	Solo fue la subespecie arizonae 12.5% (3/24), sin datos RAM	Núñez et al., 2019

Conclusiones

Existe una tendencia que incentiva el uso de dietas a base de carne cruda sugiriendo mayores beneficios para las mascotas, según las percepciones y creencias de los usuarios que hacen uso de estas. Sin embargo, esto implica un riesgo para la salud animal, debido a que en los últimos años en México se han reportado cepas de *Salmonella enterica* que están circulando en carne cruda de diferentes especies, además existe otro factor involucrado que es la resistencia antimicrobiana fenómeno que se ha incrementado en aislamientos de origen alimentario, además, existen escasos o nulos reportes que demuestren el aislamiento de *Salmonella* spp en perros y gatos de México asociada al empleo de dietas

barf. Se debe comprobar el posible papel del perro y el gato como reservorios de *Salmonella* spp aunado a su perfil de resistencia antimicrobiana, para posteriormente determinar su impacto en la salud pública.

Agradecimientos
A todos los autores.

Fuente financiadora
Este estudio se realizó sin fuente de financiamiento.

Referencias bibliográficas

1. Freeman, L.M., Chandler, M.L., Hamper, B.A., Weeth, L.P.(2013). Current knowledge about the risks and benefits of raw meat-based diets for dogs and cats. *Journal of American Veterinary Medicine Association,*;243(11):1549-1558.
2. Usmael, B., Abraha, B., Alemu, S., Mummed, B., Hiko, A., Abdurehman, A. (2022). Isolation, antimicrobial susceptibility patterns, and risk factors assessment of non-typhoidal *Salmonella* from apparently healthy and diarrheic dogs. *BMC Veterinary Research*.18(37):1-11.
3. Ortega, V.K., Morales, C.S. (2021). Resistencia antimicrobiana de cepas aisladas de Escherichia coli en alimentos tipo BARF para perros en Lima. *Revista de Inv Veterinarias del Perú*. 32(3): 1-10.
4. Vecchiato, C.G., Schwaiger, K., Biagi, G., Dobenecker, B. (2022). From Nutritional Adequacy to Hygiene Quality: A Detailed Assessment of Commercial Raw Pet-Food for Dogs and Cats. *Animals: an open access journal from MDPI*. 12(18):1-17.
5. Hiney, K., Sypniewski, L., Rudra, P., Pezeshki, A., McFarlane, D. (2021). Clinical health markers in dogs fed raw meat-based or commercial extruded kibble diets. *Journal of Animal Science*.99(6):1-10.
6. Fredriksson AM, Heikkilä T, Pernu N, Kovanen S, Hielm-Björkman A, Kivistö R. (2017). Raw Meat-Based Diets in Dogs and Cats. *Veterinary Sciences*. 4(3):1-9.
7. Godínez OA, Tamplin ML, Bowman JP, Hernández-Iturriaga, M. (2020). *Salmonella enterica* in Mexico 2000-2017: Epidemiology, Antimicrobial Resistance, and Prevalence in Food. *Foodborne pathogens and disease*. 17(2): 98–118.
8. Davies RH, Lawes JR, Wales AD. (2019). Raw diets for dogs and cats: a review, with particular reference to microbiological hazards. *The Journal of Small Animal Practice*. 60 (6): 329-339.
9. Peña-Corona SI, Gomez Vazquez JP, López Flores EA, Vargas Estrada D, Arvizu Tovar LO, Pérez Rivero JJ, Juárez Rodríguez I, Sierra Resendiz A, Soberanis Ramos O.(2022). Use of an extrapolation method to estimate the population of cats and dogs living at homes in Mexico in 2022. *Veterinaria México OA*. 9:1-22.
10. Mancera MA, Vázquez NJ, Ontiveros CML, Durán VS, López HD, Tenorio GVR. Identificación de *Salmonella* Enteritidis en huevo para consumo en la Ciudad de México. Técnica Pecuaria en México. 2005; 43(2):229-237
11. Nayarit-Ballesteros N, Rubio-Lozano MS, Delgado-Suárez E, Méndez-Medina D, Braña-Varela D, Rodas-Suárez O. (2016). Perfil de resistencia a antibióticos de serotipos de *Salmonella* spp. aislados de carne de res molida en la Ciudad de México. *Salud Pública de México*.58(3):371-377.
12. Villalpando-Guzman S, Vázquez-Quiñones CR, Natividad-Bonifacio I, Curiel-Quesada E, Quiñones-Ramírez EI, Vázquez-Salinas C. (2017). Frequency, antimicrobial susceptibility and adherence patterns of *Salmonella enterica* isolated from chicken meat, beef and pork from Mexico City. *Revista chilena de infectología*. 34(5): 458-466.
13. Campos-Granados CM, Sierra GómezPedrozo L del C, Hernández Pérez CF, Ballesteros-Nova NE, Rubio-Lozano MS, Sánchez-Zamorano LM, Delgado-Suárez EJ. (2023). Fuertes perfiles de resistencia a antibióticos en *Salmonella* spp. asilada de carne de res molida en el centro de México. *Veterinaria México OA*. 10:1-21.
14. Varela G, Pérez-Rebelo R, Olarte J. (1952). Presence of *Salmonella* and *Shigell*a in intestines in dogs in Mexico City. *La Prensa Médica Mexicana*.17(2):27.
15. Grabert K. (1967). Incidencia de *Salmonella*, *Shigella* y *E.coli* enteropatogeno en el perro en la ciudad de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 28-30Núñez CKM, Trasviña ME, García GF, Herrera RJC, López VG, Medina BGE, Pujol MLC, Rentería ETB. (2019). Prevalence, risk factors, and identification of *Salmonella* spp. in stray dogs of northwest Mexico. *Austral Journal of Veterinary Sciences*.51(1):37-40.

ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DE *Chamaecrista nictitans* (Fabaceae) CULTIVADA A LA INTEMPERIE EN CONDICIONES CONTROLADAS.

Erika Viridiana Reyes-Sánchez[1], Agustín Olmedo-Juárez[2]*, Jorge Alberto Cortés-Morales[1], Silvia Evangelista-Lozano[3], David Osvaldo Salinas-Sánchez[1], Alejandro Zamilpa-Álvarez[4], Manases González-Cortázar[4]

[1]Laboratorio de Fitoquímica y Productos Naturales del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI-INIFAP), [3]Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, [4]Centro de Investigación Biomédica del Sur, Instituto Mexicano del Seguro Social.

*Autor para correspondencia: olmedo.agustin@inifap.gob.mx, aolmedoj@gmail.com

Palabras clave: Guajito, fracción orgánica, *Haemonchus contortus*

Introducción

La creciente resistencia de los parásitos gastrointestinales a los antihelmínticos sintéticos ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles y eficaces para el control de nematodiasis en rumiantes (Medina et al., 2014). En este contexto, las plantas con propiedades bioactivas, como *Chamaecrista nictitans*, han cobrado relevancia por su potencial uso en la medicina veterinaria (Cortés-Morales et al., 2024). Esta especie, perteneciente a la familia Fabaceae, no solo es valorada como forraje por su alto contenido proteico, sino también por su actividad ovicida contra *Haemonchus contortus*, uno de los nematodos más patógenos en ovinos (Hoberg y Zarlenga, 2016). A través de un enfoque experimental, este trabajo de investigación presenta los avances en el cultivo en invernadero de *C. nictitans* y la evaluación de sus extractos como alternativa fitoterapéutica, contribuyendo así al manejo integrado de parásitos y a la sostenibilidad de la producción animal (Reyes-Guerrero et al., 2021; Zarza-Albarrán et al., 2019). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue realizar un cultivo de *Chamaecrista nictitans* bajo condiciones de invernadero, y determinar su actividad antihelmíntica contra *Haemonchus contortus*.

Materiales y métodos

La investigación se centró en evaluar la actividad antihelmíntica de *Chamaecrista nictitans* cultivada a la intemperie contra *Haemonchus contortus*. Para ello, se recolectaron semillas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos, México, y se cultivaron en las instalaciones del CEPROBI-IPN bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y sustrato. El cultivo se sometió a condiciones de estrés hídrico y lumínico para mejorar la germinación. El material vegetal fue cosechado a los seis meses de edad y fue secado a temperatura ambiente en condiciones de sombra y obscuridad. En seguida se procedió a triturar manualmente hasta lograr un tamaño partícula de 4 a 6 mm. Cuarenta y tres gramos de *C. nictitans* fueron macerados con 500 mL de metanol al 40% durante 48 h obteniendo un extracto hidroalcohólico (E-HA). El 10% del E-HA fue concentrado en su totalidad mediante un rotaevaporador. La otra parte del extracto (300 mL) fue sometido a una separación líquida-líquida con 300 mL de acetato de etilo, con la finalidad de obtener una fracción acuosa (F-Aq) y una fracción orgánica (F-AcOEt). Ambas fracciones fueron concentradas y llevadas a sequedad total mediante procesos de liofilización. Posteriormente, el E-HA y fracciones se sometieron a un análisis fitoquímico por cromatografía en capa fina (CCF) para identificar compuestos mayoritarios. Para evaluar la actividad ovicida, se realizaron bioensayos de inhibición de la eclosión de huevos (IEH) en placas de microtitulación, empleando diferentes concentraciones del extracto (50, 25 y 12.5 mg/mL) y fracciones (F-Aq, 10, 5.0 y 2.5 mg/; F-AcOEt, 5.0, 2.5, 1.2, 0.6, 0.3, 0.15 y 0.07 mg/mL), con controles positivos (Tiabendazol a 0.01 mg/mL) y negativos (agua destilada y metanol al 3%). Los porcentajes de IEH fueron analizados mediante una ANOVA y las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante una prueba de Tukey al 0.05 de significancia. El extracto HA y fracciones se sometieron a un análisis de regresión mediante el procedimiento Probit para determinar las concentraciones efectivas (CE_{50} y CE_{90}).

Resultados y discusión

El cultivo de *Chamaecrista nictitans* bajo condiciones de intemperie alcanzó un 73% de germinación. El rendimiento del extracto HA fue de 6.46% (2.78 g). La bipartición del extracto HA dio un rendimiento del 72.2% (409.7 mg) para la fracción Aq y un 27.8% (158.3 mg) para la fracción AcOEt. En cuanto a la actividad antihelmíntica, el E-HA y sus fracciones mostraron actividad dependiente de la concentración (cuadro 1). La F-AcOEt fue la más efectiva, alcanzando un 100% de inhibición a partir de 1.25 mg/mL, con una CE_{50} de 0.082 mg/mL. Los resultados sugieren que el estrés ambiental puede mejorar la germinación y el desarrollo de *C. nictitans*, lo cual es relevante para su cultivo a escala productiva. La actividad ovicida observada en el extracto, especialmente en la fracción F-AcOEt, respalda el potencial de esta planta como alternativa fitoterapéutica para el control de nematodos gastrointestinales en rumiantes. En un estudio reciente por Cortes-Morales et al. (2024), evaluaron un extracto orgánico (AcOEt) a partir de partes aéreas de un cultivo silvestre de *C. nictitans* y reportaron un efecto ovicida del 92.24% sobre *H. contortus*. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que han demostrado que las leguminosas ricas en metabolitos secundarios, como taninos condensados y flavonoides, pueden interferir con el desarrollo de nematodos gastrointestinales (Castañeda-Ramírez et al., 2017), en particular, se ha observado que el contenido de polifenoles en extractos vegetales puede estar relacionado con su actividad antihelmíntica, aunque esta relación puede variar según el tipo de ensayo (por ejemplo, inhibición de eclosión de huevos vs. inhibición de desenvaine larval).

Cuadro 3. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de *Haemonchus contortus* expuesto al extracto y sus fracciones de las partes aéreas de *Chamaecrista nictitans*.

Tratamientos	%IEH ± d.e	Concentraciones efectivas (CE) mg/ML	
		CE_{50}	CE_{90}
Agua destilada	3.31±3.64^{ef}		
Metanol 3%	5.59±1.85^{ef}		
Tiabendazol	99.40±0.70^{a}		
Extracto hidroalcohólico (E-AH) mg/mL			
50.0	89.63±5.89^{a}		
25.0	50.98±12.69^{c}	25.53	52.45
12.5	8.18±4.61^{ef}		
Fracción acuosa (F-Aq) mg/mL			
10.0	69.81±13.04^{b}		
5.0	22.58±10.29^{d}	7.67	14.15
2.5	3.31±1.57^{f}		
Fracción orgánica (F-AcOEt) mg/mL			
5.0	100^{a}		
2.5	100^{a}		
1.25	100^{a}		
0.62	99.80±0.39^{a}	0.08	0.11
0.31	99.78±0.39^{a}		
0.15	93.68±2.76^{a}		
0.07	17.14±5.13^{de}		
Coeficiente de variación	11.36268		
R^2	0.976		

$^{a-f}$ Medias con diferente letra en la misma columna representan diferencias estadísticamente significativas con $P < 0.05$. d.e.= Desviación Estándar.

Conclusión

El cultivo de *C. nictitans* bajo condiciones de intemperie demostró ser viable y eficiente, especialmente cuando se aplican condiciones de estrés controlado. La fracción orgánica (F-AcOEt) exhibió mayor efecto ovicida sobre *H. contortus*. Estos resultados respaldan el potencial de *C. nictitans* como una alternativa natural y sostenible para el control de nematodiasis gastrointestinal en rumiantes, contribuyendo a reducir el uso de antihelmínticos sintéticos y sus impactos ambientales.

Fuente financiadora
Parte de este trabajo fue financiado por el INIFAP, proyecto SIGI: 9254136498 “Efecto antihelmíntico de tres ácidos fenólicos en combinación con ivermectina sobre una población de *Haemonchus contortus* resistente a este fármaco”.

Referencias bibliográficas.

1. Castañeda-Ramírez, G. S., Torres-Acosta, J. F. J., Sandoval-Castro, C. A., González-Pech, P. G., Parra-Tabla, V. P., & Mathieu, C. (2017). Is there a negative association between the content of condensed tannins, total phenols, and total tannins of tropical plant extracts and *in vitro* anthelmintic activity against *Haemonchus contortus* eggs? *Parasitology Research, 116*(12), 3341–3348. https://doi.org/10.1007/s00436-017-5650-4
2. Cortés-Morales, J. A., Salinas-Sánchez, D. O., De Jesús Perea-Flores, M., González-Cortazar, M., Tapia-Maruri, D., López-Arellano, M. E., Rivas-González, J. M., Zamilpa, A., Olmedo-Juárez, A. (2024). *In vitro* anthelmintic activity and colocalization analysis of hydroxycinnamic acids obtained from *Chamaecrista nictitans* against two *Haemonchus contortus* isolates. *Veterinary Parasitology*, *331*, 110282. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110282
3. Medina, P., Guevara, F., La O, M., Ojeda, N., Reyes, E. (2014). Resistencia antihelmíntica en ovinos: una revisión de informes del sureste de México y alternativas disponibles para el control de nemátodos gastrointestinales. *Pastos y Forrajes*, *37*(3), 257-263.
4. Hoberg, E. P., Zarlenga, D. S. (2016). *Haemonchus contortus and haemonchosis: Past, present and future trends*. In Gasser, R. B., von Samson-Himmelstjerna, G. (Eds.), *Haemonchus contortus and Haemonchosis – Past, Present and Future Trends* (pp. 3–26). Academic Press.
5. Reyes-Guerrero, David Emanuel, Olmedo-Juárez, Agustín, Mendoza-de Gives, Pedro. (2021). Control y prevención de nematodosis en pequeños rumiantes: antecedentes, retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *12*(Supl. 3), 186-204. https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5840
6. Zarza-Albarrán, MA, Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., Mendoza-de Da, P., González-Cortazar, M., Tapia-Maruri, D., Mondragon- Ancelmo, J., García-Hernández, C., Blé González, EA, Zamilpa, A., (2019), Galloyl flavonoides de las vainas de *Acacia farnesiana* poseen una potente actividad antihelmíntica contra los huevos de *Haemonchus contortus* y las larvas infecciosas. *Journal of Ethnopharmacology*. doi: https ://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112402.

RESPUESTA HUMORAL POSTERIOR A LA INMUNIZACIÓN CON UN BIOLÓGICO EXPERIMENTAL CONTRA EL VIRUS DE INFLUENZA PORCINA EN MODELO MURINO.

José Francisco Rivera-Benítez[1]*, Jazmín De la Luz Armendáriz[2], Marta Macías García[3], Manuel Zapata-Moreno[4], Jorge Galindo Barboza[4]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP. [2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.[3]Investigadora independiente. [4]Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, FMVZ, UNAM.

*Autor para correspondencia: rivera.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Influenza, biológico, anticuerpos.

Introducción

La influenza es una enfermedad respiratoria aguda emergente y reemergente que afecta una gama amplia de aves y mamíferos. Los virus de influenza pertenecen a la familia *Orthomyxoviridae*, con base en la variabilidad antigénica de la nucleoproteína se dividen en cuatro generos: *Alphainfluenzavirus* (AIV), *Betainfluenzavirus* (BIV), *Gammainfluenzavirus* (GIV) and *Deltainfluenzavirus* (DIV). Las características genéticas (ARN segmentado) del AIV permiten eventos de reordenamiento cuando dos o más virus infectan una sola célula. Estos eventos no son raros en la naturaleza y es considerado un mecanismo para la generación de virus con potencial pandémico en la población humana, particularmente cuando se presentan estas coinfecciones en una especie altamente susceptible, como el cerdo. Desde el año 1998, se han aislado virus de la influenza H3N2 triplemente reordenantes que contienen genes de linaje humano, porcino clásico y aviar en cerdos de Estados Unidos. A inicios de la década de 2000 se ubicaron cepas de influenza porcina H1N1 clásica recombinados con las cepas H3N2, dando como resultado el subtipo H1N2 que contenía genes de linajes de virus de influenza humana, porcina clásica y aviar [1]. En el año 2012 se reportó una cepa del subtipo H1N2 en Ontario, que contenía la HA1 homologa (99%) a la cepa A(H1N1)pdm09 [A/México/ InDRE4487/09] de México. Este mismo subtipo se reportó en México en el año 2013 y 2014. En un estudio realizado en 2019 se identificó que los linajes de vIP circulantes en México eran antigénicamente distintos a los circulantes en EEUU, con base en esos hallazgos se planteó que era poco probable que las vacunas estadounidenses brindaran protección contra estos virus y sería necesario desarrollar nuevas vacunas dirigidas específicamente a estas diversas cepas mexicanas [2]. Actualmente, se comercializa una vacuna inactivada con los subtipos H1N1, H3N2 y H1N2, sin embargo, las cepas del biológico comercial son, en algunos casos de más de 20 años de antigüedad. Debido a que esta infección es una zoonosis y por lo tanto de importancia en la salud pública, debe considerarse la actualización frecuente de las cepas vacunales empleadas en los biológicos que se aplican de forma rutinaria en las granjas porcinas de una región. El objetivo del estudio fue aislar, formular y evaluar un biológico experimental (de cada subtipo: H1N1, H1N2 y H3N2) con cepas del vIP aisladas en México, con enfoque al estado de Jalisco.

Materiales y métodos

Cepas: las cepas empleadas en el presente estudio fueron aisladas de casos clínicos en cerdos con signos respiratorios, para los subtipos H1N1 (Jal/2013), H1N2 (Gto/2014) y H3N2 (Jal/2013). Para el caso de la cepa identificada como H3N2 Jal (2022), se aisló de una granja sin signos asociados (muestreo realizado por el GEVE del estado de Jalisco, en colaboración con la URPJ). Cada muestra empleada (pulmón, hisopado nasal o fluido oral), fue procesada con procedimientos estandarizados para ser inoculada en embrión de pollo de 9 días, mediante la aplicación en la cavidad alantoidea, se inocularon 3 embriones por cada muestra. Posterior a los 3 días, se cosechó el líquido alantoideo y se realizaron tres pases seriados. La última cosecha fue titulada y se inocularon cultivos de la línea celular MDCK empleando TPCK, se realizaron tres pases seriados. La cosecha final fue titulada y procesada para purificación e inactivación viral. Formulación del biológico: con la producción en lote de la cepa H3N2 Jal y las cepas H1N1, H1N2 y H3N2 se consiguió la masa antigénica suficiente para formular un biológico experimental. En este procedimiento se preparó por separado cada biológico (formulación monovalente). Cada formulación

antigénica se inactivó químicamente con BEI, una vez realizado el procedimiento se validó la inactivación mediante inoculación en embrión de pollo, realizando tres pases seriados, los cuales resultaron negativos a la prueba de HA y RT-PCR en tiempo real, este mismo ARN fue empleado para verificar la identidad de cada cepa y la ausencia de otros agentes virales comunes en cerdos o como contaminantes adventicios (PRRS, PCV2, RVP y DVB), constatando negatividad en todos los casos. Los virus inactivados se homogenizaron con el adyuvante Montanide ISA 206 VG. La formulación se mantuvo en refrigeración y se tomó una alícuota para verificar la ausencia de contaminación bacteriana, se realizó un sembrado en agar sangre y agar Mac Conkey, obteniendo resultados negativos. Modelo experimental: se realizaron dos grupos de evaluación, en el primero aplicaron IM dos dosis del biológico experimental monovalente (0.1ml) con un intervalo de 21 días a grupos de 8 ratones Balb-C de 30 días de edad mantenidos bajo condiciones controladas (la prueba en esta especie es una de las fases de evaluación previas a la especie blanco). Se mantuvo un grupo de ratones sin inmunizar como testigo (n=14). Se analizó clínicamente a los ratones, los cuales no presentaron reacción posterior a la aplicación y se colectaron muestras sanguíneas para ser evaluadas mediante la prueba de IHA a los días cero, 14, 21, 28 y 35. Posterior a 14 días de haber recibido la segunda dosis, se concluyó la evaluación (Figura 1A). En el segundo grupo se evaluó a dosis única del biológico (IM 0.1ml). Se emplearon 21 ratones Balb-C para cada subgrupo, en el primero se evaluó H1N2 y en el segundo H3N2 Jal (Figura 1B), se contó con su respectivo grupo testigo.

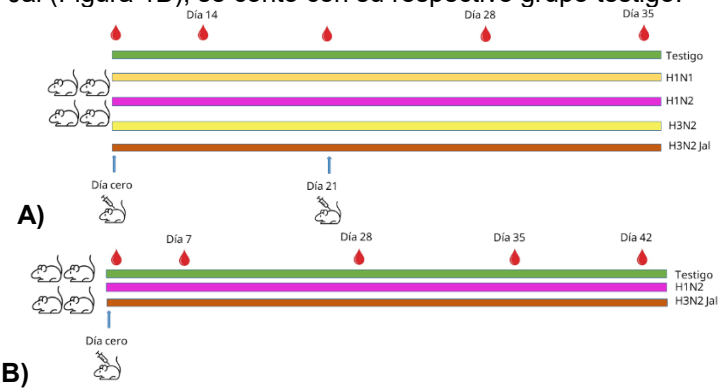


Figura 1. Modelo experimental empleado en la evaluación del biológico contra influenza porcina. A) modelo de aplicación de dos dosis. B) modelo de aplicación de una dosis.

Prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH): la evaluación de la respuesta humoral se llevó a cabo por medio de la prueba de inhibición de la hemoaglutinación (IH) empleando lotes virales previamente realizados. La prueba de IH se realizó con diluciones dobles seriadas del suero comenzando 1:40 y finalizando en la dilución 1: 5,120, se emplearon ocho unidades hemoaglutinantes de cada cepa viral. Los sueros se consideraron como suero positivo a la presencia de anticuerpos específicos en contra del subtipo viral analizado, en todos aquellos pozos en donde se observó sedimentación de glóbulos rojos y los sueros negativos serán aquellos pozos en los que se identificó hemoaglutinación. El punto de corte fue a partir de la dilución 1:80 y hasta 1:5,120, las cuales fueron consideradas como positivas.

Resultados

Los ratones del grupo testigo no generaron anticuerpos contra ningún subtipo analizado en los dos grupos analizados. Grupo 1 (dos dosis): en el grupo de ratones inmunizados con el biológico experimental con la cepa H1N1, se identificó seroconversión al día 28 (6.32-7.32 log2), manteniendo título a los 35 días post aplicación (6.32-8.32 log2). En el grupo H1N2 (cepa de referencia), se identificó seroconversión al día 14 (7.32 log2), en uno de dos individuos analizados. Los dos ratones analizados al día 21 no registraron anticuerpos. Al día 28 y 35 se registraron valores de 6.32-9.32 y 9.32-10.32 log2, respectivamente. En estos dos grupos no se registró reacción cruzada en la prueba de IHA con ninguno de los subtipos analizados. Para los grupos con las cepas H3N2 de referencia y de reciente aislamiento, se presentó reacción cruzada, en el caso de la reacción homóloga, el grupo inmunizado con el subtipo H3N2 de referencia, se registró seroconversión en un ratón (6.32 log2), posteriormente al día 28 (7.32 log2) y día 35 (7.32-7.32 log2). En el grupo inmunizado con la cepa H3N2 Jal, se registraron títulos a partir de los 21 días post aplicación, incrementando el título de 6.32-8.32 a 11.32 log2 (Figura 2A). Grupo 2 (1 dosis): Se evaluó la formulación monovalente H1N2 y H3N2 Jal, la seroconversión fue específica para cada subtipo, en ninguno de los sueros analizados se detectaron anticuerpos contra H1N1. La respuesta promedio para H1N2 se mantuvo

en 8.32 log2, a partir de los 28 días. Para H3N2 se registraron valores similares. En ambos casos se identificaron valores inferiores, comparativamente con el grupo de ratones con dos aplicaciones.

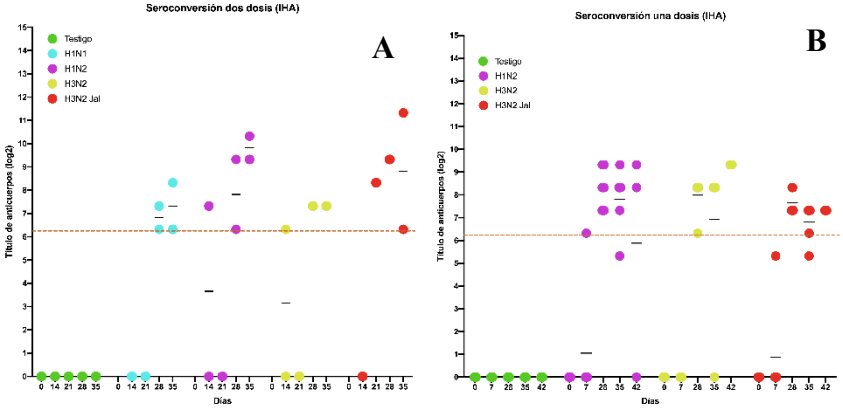


Figura 2. Respuesta humoral (evaluada por IH) posterior a la aplicación del biológico experimental contra influenza porcina. A) evaluación en modelo murino con dos dosis del biológico. B) evaluación en modelo murino con una dosis del biológico. El punto de corte de la prueba de IHA fue 6.32 log2.

Discusión

La aplicación de una o dos dosis de la formulación experimental generó una respuesta humoral detectable en los ratones. El título de anticuerpos aumentó en el grupo de dos dosis, lo que resalta la importancia del esquema de inmunización completo. El modelo animal empleado abre las puertas a su prueba en la especie blanco, similar a lo comentado por Soares et al (2025) [3], que señala que estos animales se utilizan ampliamente como modelo preclínico para estudios sobre el desarrollo de vacunas y terapias antivirales contra el virus de la influenza. El aumento de la vigilancia del virus de influenza porcina en México, involucrando a las uniones de porcicultores (p.e.: URPJ), ha sido crucial para evaluar la circulación de los diferentes subtipos, la posible efectividad de las vacunas comerciales y para impulsar el desarrollo de nuevos biológicos. Un punto importante a desarrollar es el trabajo más extenso que permita la detección temprana de cepas emergentes y mejores indicadores sobre el aumento de la prevalencia de nuevas cepas [4]. La actualización de las cepas vacunales, en términos de tiempo y de ubicación geográfica permitirá tener tecnologías útiles. La efectividad de la vacuna de influenza estacional en humanos, varía de un año a otro, oscilando entre el 0 % y el 60 %. Uno de los principales factores que influyen es la compatibilidad de los subtipos de HA en la vacuna con los clados de las cepas circulantes actuales o previstas. Si la cepa de la vacuna no se asemeja mucho al virus circulante, la respuesta inmunitaria puede ser más débil, lo que resulta en una menor protección [5]. Esto pone de manifiesto el desarrollar tecnología mexicana y actualizada para la generación de vacunas locales que ofrezcan resultados favorables para la porcicultura.

Conclusiones

Se identificó seroconversión con la formulación experimental, se continuará con modelos de inmunización en la especie blanco y pruebas de potencia. Con la información generada se continúan con proyectos que buscan desarrollar biológicos adaptados a las necesidades regionales, en este caso el estado de Jalisco.

Fuente financiadora

Proyecto Recursos Fiscales INIFAP. SIGI No. 7285536076.

Referencias bibliográficas

1. Karasin AI, et al. J Clin Microbiol 44.https://doi.org/10.1128/jcm.44.3.11231126.2006
2. Nelson, M. I., et al., Emerging infectious diseases, 25(4), 691–700. https://doi.org/10.3201/eid2504.180779
3. Fraiha, A. L. S., et al., Vaccine, 45, 126638. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2024.126638
4. Myburgh, L., et al., Vaccine, 59, 127281. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2025.127281
5. Myburgh, L., et al., Vaccine, 59, 127281. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2025.127281

EVALUACIÓN DE UNA PRUEBA DE RT-PCR EN TIEMPO REAL PARA DIFERENCIAR CEPAS VACUNALES Y CEPAS DE CAMPO DEL VIRUS DE PRRS EN JALISCO.

Jorge Galindo Barboza[1], José Francisco Rivera-Benítez[2]*, Jazmín De la Luz Armendáriz[3]

[1]Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal, FMVZ, UNAM.
[2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, INIFAP.
[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

*Autor para correspndencia:rivera.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: PRRS, vacunas, Jalisco.

Introducción

El virus del Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino (vPRRS) es uno de los principales agentes infecciosos en la porcicultura y su método más frecuente de control es mediante el uso de la vacunación. Datos publicados en México indican que esta enfermedad causa daños importantes, el costo de producción en granjas de ciclo completo se ha calculado como un incremento del 4.7% al 35.9% en granjas seropositivas, respecto a granjas de referencia negativas al virus. Además, de acuerdo con los datos existentes sobre brotes en otros países, algunos especialistas estiman que, en México, esta enfermedad puede estar causando pérdidas anuales entre 80 y 120 millones de dólares, sin considerar el efecto de otros factores que son determinantes en el costo de la enfermedad como: región geográfica, densidad animal, clima, bioseguridad, vacunación, entre otros.

Actualmente, para realizar la caracterización genética de las cepas circulantes en granja es necesario el uso de técnicas de secuenciación (o de RFLP), las cuales normalmente están basadas en la clasificación filogenética del ORF5 [1, 2]. El identificar si la cepa vacunal que se está utilizando en granja se encuentra circulando y con ello evaluar el proceso, permite la toma de decisiones basada en información. La aplicación de tecnologías como la RT-PCR en tiempo real (qRT-PCR) nos permite conocer esta información con rapidez. La prueba implementada para cepas vacunales amplifica una región variable del gen NSP2 para cada cepa vacunal, lo que permite la diferenciación de las cepas vacunales, comparado con cepas de campo (differentiating infected from vaccinated animals: DIVA) [3]. El objetivo del presente estudio fue evaluar una qRT-PCR de referencia para la diferenciación de cepas del vPRRS de granja, con respecto a cepas vacunales empleadas en Jalisco.

Materiales y métodos

En el presente estudio se incluyeron siete granjas derivadas del programa “Sanidad Jalisco” de la URPJ, mismas que han sido previamente estudiadas [4], estas granjas contaban con al menos una muestra de vPRRS secuenciada y caracterizada de acuerdo con las herramientas bioinformáticas [1, 2], de estas granjas se seleccionaron todas las muestras positivas a la prueba ORF7 qRT-PCR (n=39), incluidas las muestras secuenciadas y caracterizadas. Con estas muestras se realizaron cuatro diferentes pruebas de qRT-PCR para diferenciar las cepas detectadas en la granja con respecto a las cepas vacunales disponibles en México (en adelante vacPRRS qRT-PCR). Se implementó un protocolo establecido previamente [3], el cual permite detectar cuatro de las cepas virales vacunales PRRSV-2 (Ingelvac MLV, Fostera, Prime Pac, y Prevacent), adicionalmente se probó una vacuna nacional comercial (Innovac). Las condiciones de la reacción y el protocolo de amplificación fueron similares para el ORF7 y la prueba vacPRRS, empleando el kit QuantiTect® Probe RT-PCR Kit (QIAGEN, Cat. No. 204445) y el termociclador CFX96™ Real-Time System (Bio-Rad Laboratories, Inc., Hercules, CA, EE. UU.) bajo las recomendaciones del fabricante. El valor de Ct se determinó aplicando la corrección por deriva de fluorescencia, utilizando un control positivo para garantizar valor consistente en todos los experimentos. Los testigos positivos para cada vacuna evaluada se obtuvieron de las extracciones de ARN de cada una, mediante columnas de sílica.

Resultados

En la implementación los valores de Ct obtenidos para cada testigo en la prueba vacPRRS qRT-PCR fueron: Prevacent 14.77, Prime Pac 19.8 Ingelvac MLV 20.64 y Fostera 17.97; para el ORF7 21.31, 17.27, 18.41, 16.93 respectivamente; y para la nacional, Innovac 18.97. Las 39 muestras positivas a la prueba ORF7 qRT-PCR se sometieron a la prueba vacPRRS qRT-PCR (n=156). En la detección de cepas vacunales se registró solo una muestra positiva idéntica a la cepa vacunal Ingelvac MLV. El resto de las cepas vacunales no fueron detectadas en las muestras positivas (Cuadro 1).

Cuadro 4. Resultados obtenidos de la aplicación de la qRT-PCR (vacPRRS y ORF7) a muestras positivas y secuenciadas de campo obtenidas en granjas de Jalisco.

Granja	Linaje*	Uso de vacuna	Ct (vacPRRS)	Ct (ORF7)
1 (n=8)	8D	Si	n/a	28.81±3.69
2 (n=9)	8D	Si	n/a	31.87±3.40
3 (n=7)	1A	No	n/a	26.6±5.38
4 (n=4)	5A ~ Ingelvac MLV	Si	n=1, 25.86	32.02±5.95
5 (n=6)	1C	Si	n/a	26.22±3.73
6 (n=2)	1A	No	n/a	28.96±4.08
7 (n=3)	8D	Si	n/a	30.54±1.19

*identificado por secuenciación. n/a: sin amplificación.

Discusión

La prueba vacPRRS qRT-PCR permitió diferenciar eficazmente cepas vacunales y de campo del virus PRRS, como ha sido reportado previamente [3]. Solo se detectó la cepa Ingelvac MLV en una muestra, mientras que las demás resultaron negativas a las vacunas evaluadas, lo que indica una circulación predominante de cepas de campo. Este hallazgo es notable considerando que el 80 % de las muestras provenían de granjas vacunadas, lo cual sugiere posible discontinuidad o esquemas incompletos de vacunación [4]. Actualmente, las vacunas MLV se utilizan rutinariamente y se aplican independientemente del linaje del virus vacunal y del conocimiento de la genética del virus de campo que causa el brote. Datos de campo y de evaluaciones experimentales, han generado preguntas respecto a la seguridad de las cepas MLV, ya que se ha demostrado la diseminación y persistencia del virus vacunal en cerdos inmunizados, aunado a viremia detectable y posible transmisión del virus vacunal a cerdos no vacunados. Con la implementación de esta herramienta se ofrece una alternativa rápida y accesible a la secuenciación para el monitoreo de cepas vacunales, contribuyendo al seguimiento sanitario en tiempo real.

Conclusiones

La prueba vacPRRS qRT-PCR demostró ser una herramienta útil para la detección diferencial entre cepas vacunales y variantes circulantes no vacunales, fortaleciendo el monitoreo molecular en unidades de producción porcina.

Fuente financiadora

A la Asociación IPVS México 2014 A.C. por los fondos otorgados para esta investigación. No. SIGI: 1520226989.

.

Referencias bibliográficas

1. Zeller et al., (2024). Front. Vet. Sci. 11:1419340.
2. Yim-Im et al., (2023). Microbiology spectrum, 11(6), e0291623.
3. Rawal, G. et al., (2023). Viruses, 15(11), 2240.
4. Galindo-Barboza, A.J. et al., (en preparación). Molecular and Phylogenetic Characterization of PRRSV 2 in Jalisco, Mexico.

PERSISTENCIA Y VIABILIDAD de Mycobacterium *avium* subespecie *paratuberculosis* EN LAS INSTALACIONES DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN OVINAS, SEGUIMIENTO DE DOS AÑOS DE MUESTREO.

Marco Antonio Santillán-Flores *[1], Dionicio Córdova-López D[1], Marisela Leal-Hernández[1], Eugenio Villagómez-Amezcua–Manjarrez [1], José Vicente Velázquez-Morales [2].

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Salud Animal e Inocuidad.
[2]Instituto Mexicano del Seguro Social, OOADR,

*Autor para correspondencia: santillan.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: paratuberculosis, ovinos, instalaciones

Introducción:
La paratuberculosis, es una enfermedad infectocontagiosa, crónica que afecta al ganado bovino, ovino, caprino y rumiantes silvestres, se caracteriza por ocasionar lesiones de tipo granulomatoso en el intestino. La enfermedad es de distribución mundial y es causada por *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis* (Map) (Eisenberg *et al*., 2012). La infección con Map, se da por el consumo de pastos, agua y alimento contaminados con heces de animales clínicamente enfermos que excretan en forma masiva e intermitente el bacilo, o bien durante la lactancia, a causa de la contaminación de la ubre con heces y por la eliminación del bacilo a través de la leche y calostro. En las unidades de producción pecuaria (UPP) donde la limpieza de los corrales y la eliminación de heces no se realiza con regularidad, se considera como un factor de riesgo importante para la presencia de casos de paratuberculosis en los rebaños (Guzmán *et al*., 2016). El objetivo del trabajo fue determinar la persistencia y viabilidad de *Mycobacterium avium subespecie paratuberculosis* a partir de heces de ovinos obtenidas en diferentes áreas de los corrales que son considerados como focos de infección para el rebaño.

Materiales y métodos
Se trabajó en dos Unidades de Producción Pecuaria (UPP) de ovinos, ubicadas en el municipio de Tepeyehaulco, Estado de Puebla, donde se tienen antecedentes de la presencia de Map (prevalencia >10%). Las instalaciones de las dos UPP ovinas fueron muestreadas, cada tres meses durante dos años (marzo 2022 a marzo 2024). De los corrales, se tomaron muestras de heces del piso, principalmente de las zonas de tránsito (pasillos, asoleaderos), de la zona techada (comederos y bebederos, interior y exterior, alrededor y debajo de estos), así como de los caños y desagües. Todas las muestras, fueron analizadas por las técnicas de PCR-a IS900 (Jaimes *et al*., 2008) y cultivo bacteriológico. Se aplicó un cuestionario en cada UPP y junto con los resultados del diagnóstico fueron capturados e integrados en una base de datos electrónica para su análisis epidemiológico (análisis de frecuencias). también se realizó la prueba de X^2 de Pearson para determinar diferencias estadísticas entre los resultados de las variables analizadas; se utilizó el programa estadístico STATA 7®.

Resultados
Detección de Map, durante el primer año de muestreo:
En el cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos del cultivo bacteriológico y PCR-a IS900, durante el primer año de muestreo. En el primer muestreo (primavera): los sitios del interior de comederos y bebederos, se detectaron por PCR-a IS900, el 19.2 % y por cultivo 7.6 % como sitios positivos a Map, mientras que del exterior de comederos y bebederos fue 52.9 % y 11.7 %, en los caños y desagües 72.7 % y 27.2 % y de las zonas de tránsito fue el 10 % y 5 % respectivamente.
En el segundo y tercer muestreo durante la época de verano y otoño (lluvias) se observa que aumentan los sitios positivos a la detección de Map principalmente en zonas de tránsito, caños y desagües. Para la época de invierno se detectó por PCR-a IS900 un 36 % y 0 % por cultivo en el interior de comederos y bebederos, 58.6 % y 20.6 % en el exterior de comederos y bebederos; 60 % y 6.6 % en caños y desagües; en las zonas de tránsito 61.5 % y 15.3 %.

.

Cuadro 1: Detección de Map en los diferentes sitios de los corrales donde se acumulan las heces, en las UPP ovinas durante el primer año de muestreo.

	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	Cultivo %	PCR-a%	Cultivo %	PCR-a %	Cultivo %	PCR-a %	Cultivo%	PCR-a%
Interior de comederos y bebederos	2/20 10	5/20 25	1/24 4.1	15/25 60	0/24 0	10/24 41.6	0/26 0	10/26 38.4
Exterior de comederos y bebederos	2/28 7.14	12/28 42.8	11/28 39.2	21/30 70	12/30 40	17/30 56.6	6/30 20	17/30 56.6
Zonas de transito	3/11 27.2	8/11 72.7	0/15 0	10/15 66.6	9/15 60	9/15 60	1/15 6.6	8/15 53.3
Caños y Desagües	1/15 6.6	2/15 13.3	2/13 15.3	10/13 76.9	7/14 50	9/14 64.2	2/14 14.2	9/14 64.2
X^2	0.288	0.010	0.002	0.739	0.000	0.499	0.097	0.388

Detección de Map, durante el segundo año de muestreo:

En el cuadro 2, se muestran los resultados obtenidos durante el segundo año en las instalaciones para la detección de Map por PCR-a IS900 y cultivo bacteriológico. En el muestreo hecho durante la primavera, los sitios donde con mayor frecuencia se detecta la presencia de Map por PCR-a, fueron en el exterior de comederos y bebederos 65.3 %, y en las zonas de tránsito en un 100 % y se logró el aislamiento en 15.3 % y 66.6 % respectivamente. Durante la época de verano y otoño se incrementa la detección de Map por PCR-a IS900 en caños y desagües (40 % y 33.3 %), zonas de tránsito (57.1 % y 22.9 %), interior de los comederos y bebederos (35.7 % y 37.5 %) y en el exterior de los comederos y bebederos (53.8 % y 19.2 %). Para la época de invierno se detectó por PCR-a IS900 un 43.7 % y 0 % por cultivo en el interior de comederos y bebederos, 16 % y 0 % en el exterior de comederos y bebederos; 22.2 % y 0 % en caños y desagües; en las zonas de tránsito 20 % y 0%.

Cuadro 2. Detección de Map en los diferentes sitios de los corrales donde se acumulan las heces, en las UPP Ovinas durante el segundo año de muestreo.

	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	Cultivo %	PCR-a %	Cultivo %	PCR-a %	Cultivo %	PCR-a %	Cultivo %	PCR-a %
Interior de comederos y bebederos	0/14 0	4/14 28.5	1/14 7.14	5/14 35.7	0/16 0	6/16 37.5	0/16 0	7/16 43.7
Exterior de comederos y bebederos	4/26 15.3	17/26 65.3	2/28 7.69	14/26 53.8	0/26 0	5/26 19.2	0/25 0	4/25 16.0
Zonas de transito	4/6 66.6	6/6 100	4/14 28.5	8/14 57.1	2/9 22.2	2/9 22.2	0/10 0	2/10 20.0

.

Caños y Desagües	0/6 0	1/6 16.6	0/5 0	2/5 40	0/9 0	3/9 33.3	0/9 0	2/9 22.2
X^2	0.002	0.004	0.162	0.622	0.008	0.574	---	0.327

Discusión y conclusiones:

En el presente estudio, se identificaron las zonas donde Map permanece viable dentro de las instalaciones de ovinos, siendo en los comederos y bebederos (exterior e interior) y zonas de tránsito, los sitios donde se detectó que el bacilo permanece viable con mayor frecuencia. Esto coincide con los resultados publicados por Eisenberg *et al*., 2012, quienes detectaron la presencia de Map, por cultivo y PCR tiempo real, en el 90% de los pisos de los corrales de los sitios muestreados y 67% de los corredores de una unidad de producción pecuaria de bovinos lecheros, y por Raizman *et al*., 2004, quienes demostraron la presencia de Map en 77% pasillos y 68% en las zonas de almacenamiento de estiércol, en instalaciones de bovinos lecheros en Minnesota.

También se demostró la presencia de Map en los sedimentos que se forman en el interior de los bebederos, por lo que se puede considerar un riesgo y representa una amenaza en los programas de control de la enfermedad el que Map pueda permanecer viable en el agua, esta viabilidad en bebederos es debido a su capacidad para formar biopelículas y estas sirven para resistir las condiciones medio ambientales (Sousa *et al*., 2021). Map tiene la capacidad de permanecer viable bajo las condiciones de humedad y temperaturas adecuadas, en este punto es importante resaltar ya que Map también puede contaminar lagos y ríos, a través de los escurrimientos de aguas provenientes de zonas de pastoreo de ganado o por la acumulación de heces para el compostaje en unidades de producción pecuaria (bovinos, ovinos y caprinos) con antecedentes de paratuberculosis (Whittington *et al*., 2005).

Fuente financiadora

Trabajo financiado por: Recursos fiscales INIFAP: SIGI-16593034896

Referencias bibliográficas.

1. Eisenberg F SW, Nielen M, Hoeboer J, Rutten V, Heederik D, Koets AP (2012). Environmental contamination with *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* within and around a dairy barn under experimental conditions. J. Dairy Sci. 95 :6477–6482. http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2012-5548.
2. Guzmán RCC, Santillán FMA, Córdova LD (2016). Prevalence and possible risk factors for caprine paratuberculosis in intensive dairy production units in Guanajuato, Mexico. Journal of Veterinary Medicine and Animal Helth. 8(11), 156-162, DOI: 10.5897/JVMAH2016.0497
3. Jaimes NG, Santillán FMA, Hernández COA, Córdova LD, Guzmán RCC, Arellano RB, Díaz AE, Tenorio GVR, Cuellar OA (2008). Detección de *Mycobacterium avium* subespecie *paratuberculosis*, por medio de PCR-anidada a partir de muestras de heces de ovino. Revista Veterinaria México. 39 (4): 377-386.
4. Raizman EA, Wells S J, Godden S.M, Bey RF, Oakes MJ, Bentley DC, Olsen KE (2004). The Distribution of Mycobacterium avium ssp. paratuberculosis in the Environment Surrounding Minnesota Dairy Farms. J. Dairy Sci. 87 (9) :2959–2966.
5. Sousa T Costa M, Sarmento P, Conceição MM, Abreu C, Bull TJ, Cabeda J and Sarmento S (2021). DNA-based detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in domestic and municipal water from Porto (Portugal), an area of high IBD prevalence. Microbiology, 7(2): 163–174. DOI: 10.3934/microbiol.2021011.
6. Whittington RJ, Marsh IB, Reddacliff LA (2005). Survival of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in Dam Water and Sediment. Applied and Environmental Microbiology, 71 (9): doi:10.1128/AEM.71.9.5304–5308.2005 p. 5304–530.

PRUEBAS DE SEGURIDAD Y POTENCIA DE LA VACUNA BCG-PHIPPS EN MODELO COBAYO.

Kim, S., González-Ruiz, S*., Milián-Suazo, F., Bárcenas-Reyes, I., Sosa-Gallegos, S.L., Flores-Villalva, S[2].

[1]Facultad de Ciencias Naturales, UAQ.
[2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI).

*Autor para correspondencia: sara.gonzalez@uaq.mx

Palabras clave: inocuidad, seguridad, vacuna.

Introducción

La tuberculosis bovina es una enfermedad ocasionada por el bacilo *Mycobacterium bovis* que constituye un desafío persistente para el sector lechero nacional, generando pérdidas económicas significativas, incluyendo el cierre de mercados internacionales para el ganado y sus derivados. Además, la naturaleza zoonótica de *Mycobacterium bovis* representa un riesgo para la salud pública. Ante esta problemática, resulta imperativo explorar alternativas eficaces para reducir y controlar la prevalencia de la enfermedad. La vacunación con BCG-Phipps se presenta como una opción prometedora en este sentido, sin embargo, previo a su uso en el ganado bovino se necesita garantizar su seguridad e inocuidad en el modelo cobayo como lo indica el Comité de Expertos de la OMS en Patrones Biológicos (OMS, 2018). El cobayo ha sido y sigue siendo un modelo animal preclínico ampliamente utilizado en la investigación de enfermedades infecciosas y en el desarrollo de vacunas tanto en la medicina veterinaria como humana (Izzo *et al.*, 2005). Por lo tanto, es fundamental evaluar la seguridad y potencia de la vacuna a través de esta especie animal para consecuentemente determinar su uso en el ganado bovino para el control de la enfermedad.

Objetivo

Acreditar las pruebas de seguridad y potencia de la vacuna BCG-Phipps utilizando como modelo experimental el cobayo.

Materiales y métodos

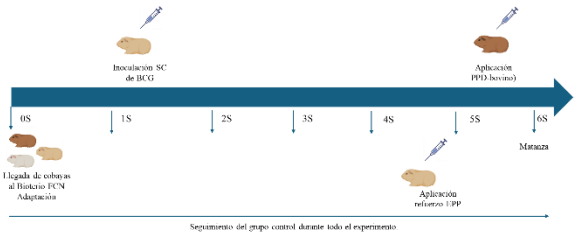
Animales y diseño experimental. Se utilizaron 25 cobayas hembras *Cavia porcellus*, raza Hartley, con edad de entre 4-7 semanas y peso de 250-400 g procedentes de la Productora Nacional de Biológicos Veterinarios (PRONABIVE). Se recibió un certificado de salud que confirmó el estado de salud de las cobayas. El protocolo del experimento fue sometido y aprobado por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro con número de registro 071FCN2024. Se distribuyeron en 5 tratamientos y un control como se muestra en el cuadro 1. El diseño experimental se describe en la figura 1. Todos los animales tuvieron agua *ad libitum* y alimentación (300 g/día).

Cuadro 1. Tratamientos utilizados para las pruebas de seguridad y potencia.

Grupo	*Tratamiento*	*Descripción*	*Número de cobayas*
1	BCG 1x10^6 UFC	Prueba de seguridad	6
2	BCG 1x10^6 UFC + EPP* Dilución 1:10	Prueba de potencia	4
3	BCG 1x10^6 UFC + EPP Dilución 1:100	Prueba de potencia	4
4	BCG 1x10^6 UFC + EPP + M** Dilución 1:10	Prueba de potencia	3
5	BCG 1x10^6 UFC + EPP + M Dilución 1:100	Prueba de potencia	3
6	PBS	Controles	5

*Extracto Proteico Purificado
**Adyuvante Montanide™

Prueba de seguridad (ausencia de micobacterias virulentas). Conforme a la clasificación del Manual Biosafety in the Laboratory (CDC) y el Manuel de Sécurité Biologique en Laboratoire 13 Ed (OMS), se inocularon por vía SC a una dosis de 5x10^5 UFC. Se siguieron durante 4 semanas para observar signos de bienestar animal. Además, se consideró el incremento de peso, buen apetito, abundancia de pelaje, orina sin la presencia de sangre y heces formadas. Al finalizar el período de observación, se realizó la matanza



usando cámara de Dióxido de Carbono de acuerdo con la NOM-062-ZOO-1999. Se realizó la inspección de órganos como ganglios, hígado, bazo y pulmón, para descartar signos macroscópicos de tuberculosis.

Figura 1. Diseño experimental

Determinación de la potencia (antigenicidad) biológica de BCG. Con la dosis BCG-Phipps ajustada a $1x10^6$ UFC/mL, se prepararon diluciones (1:10 y 1:100) utilizando PBS como diluyente y se inoculó vía SC con 0.1 mL. De igual forma se incluyó un grupo control con el mismo volumen de PBS y vía de administración. Se siguieron durante 4 semanas para detectar posibles nódulos en el sitio de vacunación. Para el ensayo de la tuberculina PPD y el EPP se aplicaron en sentido de cabeza a caudal, con las letras A, B, C para el costado izquierdo (PPD Bovino) y las letras D, E, F para el costado derecho (EPP). La dilución del PPD y EPP a ser aplicada en cada sitio se determinó mediante el empleo de números aleatorios. Este procedimiento se denomina cuadrado latino. Transcurridas 24 horas se realizó la lectura de la reacción intradérmica, induración y eritema, mediante un vernier con el que se mide el diámetro en milímetros. La reactividad fue determinada y expresada en un porcentaje a través del cálculo utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{Suma\ de\ lecturas\ de\ reacción\ antigénica}{Número\ de\ animales\ por\ grupo}\ x\ 10$$

Análisis estadístico. Se realizaron análisis descriptivos para la variable peso de las cobayas, de igual manera para determinar diferencia de medias de los 5 tratamientos se utilizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), un valor $p \leq 0.05$ se consideró significativo. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete SPSS versión 25.

Resultados y discusión

Se realizó un ANOVA para determinar diferencias significativas al finalizar el experimento para la variable peso, donde se puede observar que no hubo diferencias estadísticas ($p>0.05$), como se muestra en el Cuadro 2, lo que demuestra que sin importar el tratamiento la vacuna BCG-Phipps es segura y no produce disminución de peso en las cobayas. De igual forma, durante el experimento las cobayas mostraron buen apetito y no se observaron signos de enfermedad como diarrea, tos, estornudos o descargas oculonasales (De Lisle *et al*., 1999; Hawkins and Bishop, 2012). En la figura 2, se aprecia de igual manera la tendencia de aumento en el peso para cada tratamiento durante las seis semanas de seguimiento.

Cuadro 2. Descriptivos para la variable peso de las cobayas al finalizar el experimento.

Tratamiento	*Media*	*Desviación estándar*	*Error estándar*	*Intervalo de confianza 95%*	
				Límite inferior	**Límite superior**
1	523.5[a]	33.4	13.6	488.4	558.6
2	543.9[a]	56.3	28.1	454.2	633.5
3	531.7[a]	22.4	11.2	496.0	567.4
4	512.4[a]	48.5	28.0	391.7	633.0
5	518.7[a]	16.5	9.5	477.6	559.8
6	523.0a	43.2	19.3	469.3	576.7

[a]Medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$)

.

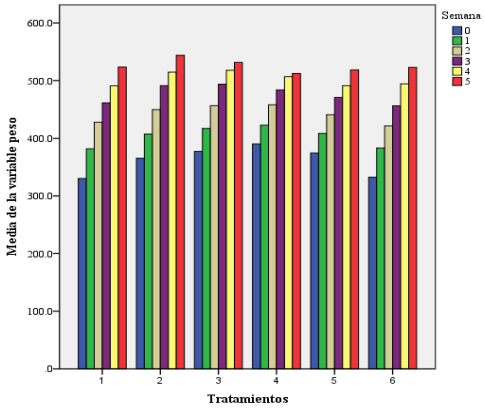


Figura 2. Medias de la variable peso durante las seis semanas de seguimiento.

Para la determinación de la reactividad antigénica, se realizó con las lecturas del PPD-bovino a las 24 horas (Figura 3). El resultado se interpretó con base al grupo que recibió la dosis BCG 1x10^6 UFC (dilución 1:10) para el análisis cuantitativo. Se obtuvo una reactividad antigénica del 90% lo cual se relaciona con la sensibilización in vivo de la vacuna BCG, lo que es importante para inducir una inmunidad protectora específica contra la tuberculosis. Por otro lado, en la eutanasia no se observaron lesiones sugestivas a tuberculosis o agrandamiento de los órganos (Figura 4).



Figura 3. Lectura de la reacción intradérmica con un vernier al costado izquierdo.

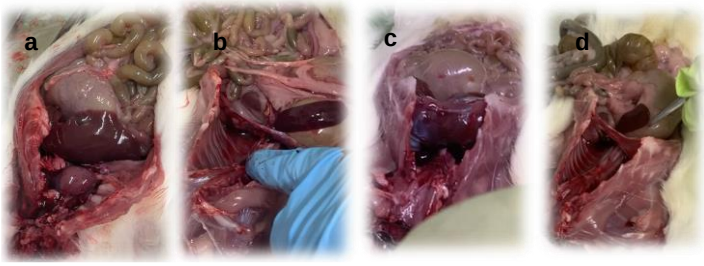


Figura 4. Hígado (a) y bazo (b) de tamaño normal en grupo de prueba de seguridad, sin presencia de lesiones nodulares. Hígado (c) y bazo (d) de tamaño normal en grupo control, sin presencia de lesiones nodulares.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo demuestran que la vacuna BCG-Phipps, en las dosis y condiciones evaluadas, es segura para su aplicación en ganado bovino. La ausencia de virulencia y efectos adversos significativos además de la respuesta inmunitaria generada en el modelo cobayo es representativo como una vacuna apta a fin de ser utilizada para el control de la tuberculosis bovina. Esta vacuna representa una herramienta prometedora para complementar las estrategias de control actuales a nivel nacional, especialmente en regiones donde la enfermedad persiste a pesar de los esfuerzos de erradicación.

Referencias bibliográficas

1. De Lisle, G.W., Wilson, T., Collins, D.M., and Buddle, B.M. (1999). Vaccination of guinea pigs with nutritionally impaired avirulent mutants of *Mycobacterium bovis* protects against tuberculosis. Infection and immunity, 67(5), 2624–2626.
2. Hawkins, M.G., Bishop, C.R. (2012). Disease problems of guinea pigs. En Quesenberry, K., Carpenter, J. (Eds.), Ferrets, Rabbits, and Rodents Clinical Medicine and Surgery (pp. 298-299).
3. Izzo, A., Brandt, L., Lasco, T., Kipnis, A. P., and Orme, I. (2005). NIH pre-clinical screening program: overview and status. Tuberculosis (Edinburgh, Scotland), 85(1-2), 25–28.
4. Organización Mundial de la Sanidad Animal [OMSA] (2018). Bovine Tuberculosis. In: OMSA, OIE Territorial Manual (pp. 1063-1064).

PÉRDIDA DE COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS EN EL ESTADO DE CAMPECHE.

Azucena Vargas-Valero[1]* Jorge A. Vivas-Rodríguez[1], Daniel Dzul-Uuh[1] Julio Cesar Espinoza-Hernandez[2]

[1] CIRSE, INIFAP. [2] UAA AN.

*Autor para correspondencia: vargas.azucena@inifap.gob.mx

Palabras clave: colapso de colonias, miel y cera, plaguicidas.

Introducción

La apicultura es una de las principales actividades de importancia debido al papel que desempeñan las abejas melíferas como polinizadores, sin embargo, esta actividad ha sufrido una disminución en su población, debido a diversos factores como la presencia de plagas, enfermedades y la exposición a plaguicidas entre otros. Las abejas se exponen a los plaguicidas cuando salen en busca de alimento al campo y por exposición directa en la colmena. Se ha demostrado que la exposición a dosis subletales de plaguicidas puede afectar el comportamiento de la abeja, su aprendizaje olfativo y memoria (Calatayud-Vernich *et al*., 2018). Los residuos de plaguicidas pueden acumularse en el pan de abeja o polen, en miel y en cera. A nivel mundial se ha reportado casos de plaguicidas en los productos de la colmena, así como también, en México se han presentado casos sobre la presencia de plaguicidas en miel y cera (Vargas-Valero *et al*., 2021), sin embargo, no se han realizado estudios para el sureste del país y en específico para el estado de Campeche. En marzo del 2023 en el estado se reportó la mortandad del 30 % de abejas, por lo tanto, surge la necesidad de hacer un monitoreo a lo largo de los años en cuanto a la presencia de plaguicidas en miel y cera. El objetivo de la investigación fue identificar y cuantificar la presencia de plaguicidas en muestras de miel y cera de abejas melíferas durante dos años consecutivos, así como también, determinar la causa de pérdida de las colonias de abejas en el estado de Campeche.

Materiales y métodos

De municipios del estado de Campeche se obtuvieron un total de 42 muestras de miel y cera durante dos años consecutivos, de las cuales de junio a octubre de 2023 se obtuvieron 11 muestras de miel y 11 de cera; de marzo a septiembre de 2024 se obtuvieron 10 muestras de miel y 10 de cera, de diversos apiarios en diferentes tipos de vegetación de los principales municipios productores de miel del estado. Una vez ubicados los apiarios y apicultores se procedió a colectar la muestra con un cúter desechable en el cual se cortó un pedazo de panal con miel y otro con cera de aproximadamente 12 cm^2, la miel se colocó en tubos eppenddorf con una capacidad de 14 ml y la cera en bolsas ziploc de plástico, cada muestra con su respectiva identificación. A cada apicultor se le entrevistó sobre las cuestiones de manejo, la pérdida de colonias y sus causas. Una vez obtenidas las muestras, se conservaron en congelación a -20 °C hasta su análisis por Cromatografía de gases-cuadrupolo triple-análisis de espectrometría de masas (GC-MS/MS) (Valdovinos-Flores *et al*., 2016), en el laboratorio de servicios Analíticos del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., sede Noreste.

Resultados

Para el primer año en la miel se encontró un insecticida, en el segundo año se encontraron diez insecticidas, cuatro fungicidas, cuatro acaricidas y un herbicida (Cuadro 1). En la cera del primer año se encontraron tres insecticidas, tres fungicidas y un acaricida. Para el segundo año se encontraron 24 insecticidas, siete fungicidas, cuatro acaricidas, cuatro herbicidas y un regulador de crecimiento (Cuadro 2).

Cuadro 1. Plaguicidas encontrados en miel de colonias abejas del estado de Campeche

Compuesto	Muestras analizadas	Muestras positivas	Concentración (mg/kg) Min	Max
2023				
Fipronil	11	11	< 0,005	

2024				
BHC alfa	10	2	<0.005	
Bromopropilato	10	1	<0.005	
Clorpirifos metil	10	6	0.006	0.007
Coumafós	10	1		0.012
Diclopentión	10	2	<0.005	
Dicofol	10	1		0.353
Endosulfan II	10	1	<0.005	
Fenitrotión	10	2		0.005
Fipronil	10	3	<0.005	
Fipronil-sulfona	10	2	<0.005	0.004
Fipronil-sulfuro	10	2		0.006
Fludioxinil	10	1		0.019
Flusilazol	10	3	0.010	0.011
Formotión	10	6	0.006	0.007
Oxifluorfen	10	1		0.020
Paratión metil	10	2		0.006
Piridafentión	10	2		0.015
Piriproxifeno	10	1		0.008
Quinoxifen	10	2		0.008

Cuadro 2. Plaguicidas encontrados en cera de colonias abejas del estado de Campeche

			Concentración (mg/kg)	
	Muestras analizadas	**Muestras positivas**	**Min**	**Max**
2023				
Acrinatrin	11	2	0.00	
BHC Alfa	11	1	0.00	
Boscalid	11	1	0.00	
Coumafós	11	5	0.00	1.133
Dieldrin	11	1	0.00	
Pentacloroanisol	11	3	0.00	
cis-1,2,3,6-Tetrahidroftalimida	11	5	0.00	0.081
2024				
2,4-D etilhexil	10	3	0.011	0.012
Acrinatrin	10	1		0.017
BHC alfa	10	3	<0.005	
Boscalid	10	1		0.010
Clorpenapir	10	1		0.039
Clorpirifos	10	2		0.027
Clorpirifos metil	10	2		0.007
Coumafós	10	8	0.054	78.049
DDT	10	2	0.007	0.026
Diazinon	10	2	0.005	0.006
Dicloran	10	1		0.005
Fenclorfos	10	1		0.011
Fenitrotión	10	2		0.009
Fentión	10	1		0.015
Fipronil	10	1		0.008
Fipronil-desulfinilo	10	1	<0.005	
Fipronil-sulfona	10	4	0.006	0.007
Fipronil-sulfuro	10	2		0.008
Fludioxinil	10	1		0.022
Flumetralina	10	1		0.011
Flusilazol	10	3	0.020	0.022
Fonofos	10	2	<0.005	
Formotión	10	2	<0.005	
Lambda cialotrina	10	1		0.063
Malation	10	5	0.050	0.087
Oxifluorfen	10	1		0.008
Paclobutrazol	10	5	0.016	0.028
Paration	10	2	0.016	0.019
Paratión metil	10	2	0.010	0.011
Pendimentalina	10	2	0.009	0.010
Pirimifos metil	10	1	<0.005	
Piriproxifen	10	2		0.009
Profenofos	10	2		0.012
Propetamfós	10	1		0.040

Quinoxifen	10	1	0.014
Spiromesifen	10	1	0.051
Tecnazene	10	1	0.028
Terbufos	10	1	0.005
Triazofos	10	1	0.022
Trifloxistrobin	10	1	0.026

Del total de los apicultores encuestados el 52 % manifestaron haber no haber sufrido pérdida de colonias de abejas, en cambio el 48 % expresaron haber sufrido la pérdida colonias, de estos últimos el 46 % perdió de una a diez colonias, el 36 % de 11 a 20 colonias y 18 % perdió más de 21 colonias. En cuanto a las causas de las pérdidas 36 % de los apicultores mencionó que se debieron a la sequía/clima, el 29 % debido a la hormiga, el 14 % a la falta de alimento, así como también debido a la presencia de plaguicidas y finalmente el 7 % mencionó que debido a las plagas y enfermedades.

Discusión

La mayor cantidad y diversidad de plaguicidas se detectaron en la miel y cera recolectadas el segundo año (2024) las cuales fueron recolectadas de marzo-septiembre, comparado al primer año (2023) de junio-octubre. Para el primer año se encontraron insecticidas, fungicidas y acaricidas, en el segundo año además de los anteriores se tuvieron presentes herbicidas y reguladores de crecimiento. Estos resultados obtenidos coinciden con los reportados por Vargas-Valero *et al*. (2021) donde la mayor cantidad y diversidad se presentan en la cera, esto se debe a que la mayoría de los plaguicidas son hidrofóbicos los cuales presentan alta estabilidad y, se pueden transferir fácilmente a la cera de abejas (Calatayud-Vernich *et al*., 2018), la presencia de éstos se pudo deber el manejo inadecuado por parte de los apicultores, como el bajo reemplazo de la cera y el reciclarla, por tanto, las abejas se encuentran expuestas a los plaguicidas. Las pérdidas de las colonias pueden estar asociadas a la presencia de plagas y enfermedades, cuestiones de manejo, la exposición a plaguicidas, disponibilidad de recursos florales y el clima (Requier *et al*., 2024), posiblemente la interacción de dos o más factores causó la pérdida o disminución de abejas en la región.

Conclusiones

En la miel y cera de municipios del estado de Campeche se encontraron presencia de plaguicidas. No se descarta la posibilidad de encontrar mayor cantidad y diversidad. Se requiere continuar con el monitoreo a lo largo de los años y en diferentes épocas, así como abarcar un mayor número de muestras en el estado. De acuerdo a los datos obtenidos la principal causa de pérdida de colonias se debió a los efectos causados por el clima, no se descarta la interacción de dos o más factores, por tanto, se sugiere seguir realizando más estudios al respecto.

Agradecimientos y fuente financiadora

A los apicultores del estado de Campeche que otorgaron las facilidades para la recolecta de las muestras y al INIFAP por el financiamiento para llevar a cabo el proyecto.

Referencias bibliográficas

1. Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E., & Picó, Y. (2018). Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Environmenta*
2. *l Pollution*, *241*, 106–114.
3. Requier, F., Leyton, M.S., Morales, C.L. et al. (2024). First large-scale study reveals important losses of managed honey bee and stingless bee colonies in Latin America. Sci Rep 14, 10079.
4. Valdovinos-Flores, C., Gaspar-Ramírez, O., Heras–Ramírez, M. E., Lara-Álvarez, C., Dorantes-Ugalde, J. A., & Saldaña-Loza, L. M. (2016). Boron and Coumaphos Residues in Hive Materials Following Treatments for the Control of Aethina tumida Murray. *PLOS ONE*, *11*(4), e0153551.
5. Vargas-Valero, A., Reyes-Carrillo, J. L., Gaspar-Ramírez, O., & Moreno-Reséndez, A. (2021). Parasitosis y residuos de plaguicidas en miel y cera en colonias de abejas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *8*(2), 1-13.

PRESENCIA DE VARROA Y LA PÉRDIDA DE COLONIAS DE ABEJAS EN MUNICIPIOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

Azucena Vargas-Valero[1]* Jorge A. Vivas-Rodríguez[1], Daniel Dzul-Uuh[1] Julio Cesar Espinoza-Hernandez[2]

[1] CIRSE, INIFAP. [2] UAA AN.

*Autor para correspondencia: vargas.azucena@inifap.gob.mx

Palabras clave: CCD, abejas melíferas, *varroa destructor.*

Introducción

A nivel mundial las abejas melíferas son unos de los principales polinizadores de importancia ecológica, económica y social debido a su papel en la conservación de los ecosistemas y seguridad alimentaria, sin embargo, éstas han sufrido una disminución en sus poblaciones llegando a reducir hasta el 60 % de su población, este problema en los Estados Unidos de América fue considerado un síndrome llamado “Desorden del Colapso de las Colonias”, atribuido a diversos factores, entre los principales destaca la exposición a plaguicidas, la deforestación, los efectos ocasionados por el cambio climático la presencia de microorganismos patógenos como la presencia de *Nosema ceranae*, una gran diversidad de virus y la presencia de Varroa, asimismo, se sugiere que pude haber sinergia entre dos o más factores llegando a causar el colapso de las colonias de abejas. En cuanto a la Varroa es una parasitosis causada por un ectoparásito llamado *Varroa destructor*, el cual es considerado el principal problema sanitario que afecta a la apicultura a nivel mundial. El ácaro se alimenta de la hemolinfa y del cuerpo graso de las abejas adultas y crías, inhibe su sistema inmune, reduce la longevidad, además es un vector de virus (Shimanuki y Knox., 2000). En todo México y sin excepción en la Península de Yucatán se encuentra ampliamente distribuido. La presencia de Varroa en las colonias de abejas puede llegar a reducir la población, afectar la producción de miel y en ocasiones ocasionar la pérdida o colapso si no se controla adecuadamente. En cuanto al colapso de las colonias, en los últimos años el Colectivo Maya de las Abejas ha reportado una pérdida masiva de más del 30 % de las colonias de abejas en el estado de Campeche, no teniendo en específico una principal causa de la pérdida. Debido a la escasa información que existe en la región sobre la presencia de esta parasitosis y a la pérdida masiva de abejas en algunos municipios. El objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia y nivel de infestación del ácaro *Varroa destructor,* así como también, identificar las principales causas de pérdidas de colonias de abejas en municipios de la Península de Yucatán.

Materiales y métodos

Para conocer la prevalencia y nivel de infestación en las colonias de abejas de municipios de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, durante dos años consecutivos se obtuvieron un total de 254 muestras de abejas adultas recolectadas al azar de 67 apiarios de los principales municipios productores de miel de cada estado, para el primer año fueron 159 muestras y el segundo 95. Cada muestra contenía aproximadamente 300 abejas adultas colectadas de la cámara de cría en un envase de 250 ml con etanol al 70 %. El diagnóstico se realizó mediante la técnica del agitado o lavado de abejas descrita por De Jong D., (Shimanuki & Knox, 2000) la cual consiste en agitar durante tres minutos cada muestra para separar los ácaros de las abejas, en seguida se filtró el contenido pasando por una coladera con malla donde se retenían las abejas y de bajo se tenía un recipiente con una tela blanca de algodón, en la coladera se retenían las abejas y en la tela blanca los ácaros. Para determinar el porcentaje de infestación se dividió el número de ácaros entre el número de abejas y se multiplicó por cien. Al momento de recolectar las muestras, a cada apicultor se le entrevistó obteniendo un total de 67 encuestas realizadas, la cual fue diseñada para obtener datos generales del apicultor, los plaguicidas aplicados en los cultivos (en caso de su presencia), historial de plagas y enfermedades, datos sobre el manejo general del apiario (cambio de reina, de panales, alimentación, porcentaje de pérdida de colonias, entre otros datos). Análisis estadísticos. A los datos del nivel de infestación se les realizó una transformación ArcoSeno. Para determinar las diferencias entre los niveles de infestación de Varroas entre los años, se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, utilizando el programa SPSS 20 con un nivel de significancia del $p < 0.05$.

Resultados

Para el 2023 se encontró una prevalencia del 93.29 % con un promedio del nivel de infestación del 3.89 %. En cambio, para el 2024 la prevalencia fue del 77.61 % y un nivel de infestación del 2.19 % (cuadro 1), encontrando diferencias estadísticas en cuanto a los niveles de infestación entre los años (x=27.154, gl= 1, p <.000).

Cuadro 1. Prevalencia y nivel de infestación del ácaro *Varroa destructor* en colonias de abejas de la Península de Yucatán

Año	Estado	No. De apiarios	No. De colonias	Prevalencia (%)	˜ Infestación (%)
2023	Yucatán	14	55	87.27	3.56±3.34
	Campeche	13	68	92.60	4.28±3.28
	Quintana Roo	10	36	100.00	3.83±2.82
2024	Yucatán	10	24	83.33	1.47±1.73
	Campeche	10	31	64.50	2.30±3.05
	Quintana Roo	10	40	85.00	2.80±3.50

En cuanto a la pérdida total de colonias de abejas reportadas por los apicultores de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, el 53 % del total de los apicultores mencionó no haber manifestado disminución o pérdida de alguna de las colonias, en cambio el 47 % si manifestó haber presentado algún tipo de pérdida de colonias de abejas.

De los apicultores que manifestaron haber perdido alguna colonia de abejas, el 65 % del total de las pérdidas fueron entre una y diez colonias de abejas. En cambio, 21 % de las pérdidas reportadas, fueron entre 11 y 20 colonias de abejas. Y finalmente, el 14 % de las pérdidas reportadas fueron más de 21 colonias de abejas durante el periodo de estudio.

En cuanto a las causas atribuidas a las pérdidas por parte de los apicultores, se encontró en primer lugar por la presencia de la hormiga “xulab”, en segundo lugar debido a la falta o escases de alimento en el campo (floración néctar-polinífera), en tercer lugar por la sequía y el clima siendo el calor extremo principalmente, así como también, en el mismo lugar quedó la presencia de plagas y enfermedades como la presencia del ácaro *Varroa destructor*, el Pequeño Escarabajo de la Colmena y *Nosema spp*., principalmente; en cuarto lugar mencionaron que tuvieron pérdidas debido a que enjambraron las abejas debido a diversos factores como descuido y falta de manejo adecuado y finalmente, en quinto lugar se reportaron pérdidas atribuidas a los plaguicidas que aplican los agricultores en los cultivos que se encontraban cerca de los apiarios. La mayoría de los apicultores encuestados manifestaron no saber los días que los agricultores aplican plaguicidas a sus cultivos, sólo uno manifestó que cuando se entera de la aplicación de plaguicidas lo que hace es tapar piqueras.

Discusión

Los resultados reflejan que el ácaro *Varroa destructor* en la Península de Yucatán se encontró presente en altas prevalencias, es decir del 85 % a nivel global, prevalencia similar del 90 % se reporta para el estado de Jalisco (Ramos-Cuellar *et al*., 2024). En cuanto al nivel de infestación fue bajo del 3.04 % promedio similar a Ramos-Cuellar *et al*. (2024) con el 4.17 %, en ambos casos son niveles aceptables de acuerdo a la norma mexicana para el control de varroosis, el cual se menciona que niveles superiores al 5 % se recomienda aplicar un tratamiento para su control a fin de bajar y disminuir los niveles de infestación, ya que si no se realiza las causas pueden ser catastróficas para las colonias de abejas.

Debido a lo obtenido, las abejas melíferas de la región podrían ser similares a otros países, las cuales se considera que han creado diversos mecanismos de supervivencia (Meixner *et al*., 2015), en el cual algunas poblaciones de abejas sobreviven naturalmente al ácaro Varroa como es el caso de las abejas africanizadas, las cuales hay presencia de éstas en el lugar donde se realizó el presente estudio, si bien, pueden ser diferentes causas las cuales pueden explicar la resistencia, tal es el caso como la inmunidad individual y social, el olfato, el propóleo, los virus, la reproducción de Varroa, la enjambrazón, entre otras. Las causas pueden no ser las mismas en las diferentes poblaciones de abejas, pero se ha demostrado que *Apis mellifera* puede sobrevivir a *V. destructor* sin tratamientos (Meixner *et al*., 2015). A pesar de esto, en algunos lugares del mundo aluden que el ácaro Varroa es el principal responsable de la muerte y reducción de las poblaciones de colonias de abejas melíferas.

.

Conclusiones

El ácaro *Varroa destructor* se encuentra presente en altas prevalencias en las colonias de abejas de municipios de la Península de Yucatán, sin embargo, los niveles de infestación son menores al 5 %, nivel que requiere llevar a cabo un tratamiento para el control antes que el ácaro cause daños considerables en las colonias.

Del total de los apicultores encuestados, el 47 % que manifestó haber sufrido pérdida de alguna colonia de abejas mencionaron que la principal causa fue debido a la presencia de la hormiga y a la falta de alimento néctar-polínifero en el campo. Debido a lo anterior, se requiere continuar con los muestreos de Varroa abarcando un mayor número de muestras y realizar dichos muestreos en diferentes épocas del año. Así también, realizar muestreos de otras enfermedades como *Nosema* spp y la presencia de plaguicidas en miel y cera, todo esto para tener un panorama más amplio en cuanto a la pérdida masiva de las abejas en la región.

Agradecimientos y fuente financiadora

A los apicultores de los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo que otorgaron las facilidades para la recolecta de las muestras, así como también, al INIFAP por el financiamiento para llevar a cabo el proyecto de investigación.

Referencias bibliográficas

1. Meixner M, Per K, & Costa C. 2015. “Effects of Genotype, Environment, and Their Interactions on Honey Bee Health in Europe.” Current Opinion in Insect Science 10: 177–84.
2. Ramos-Cuellar A.J., De la Mora A., Contreras-Escareño F., Morfin N., Tapia-González JM., Macías-Macías JO., Petukhova T., Correa-Benítez A., Guzmán-Novoa E.(2024). Prevalencia e intensidad de varroosis de las abejas melíferas (Apis mellifera) en seis regiones del estado de Jalisco, México. Rev Mex Cienc Pec; 15(1): 98-114
3. Shimanuki H., & Knox D.A. (2000). Diagnosis of Honey Bee Diseases. Agriculture handbook.No.690 USDA. Washington D.C. 61p
4. Valdovinos-Flores, C., Gaspar-Ramírez, O., Heras–Ramírez, M. E., Lara-Álvarez, C., Dorantes-Ugalde, J. A., & Saldaña-Loza, L. M. (2016). Boron and Coumaphos Residues in Hive Materials Following Treatments for the Control of Aethina tumida Murray. PLOS ONE, 11(4), e0153551.
5. Vargas-Valero, A., Reyes-Carrillo, J. L., Gaspar-Ramírez, O., & Moreno-Reséndez, A. (2021). Parasitosis y residuos de plaguicidas en miel y cera en colonias de abejas. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8(2), 1-13.

ESTUDIO DE LA PRESENCIA DE ANTICUERPOS CONTRA LA ENFERMEDAD DEL OJO AZUL DE LOS CERDOS EN MÉXICO.

José Luis Cerriteño-Sánchez[1]; Julieta Sandra Cuevas-Romero[1]; Rocío Lara-Romero[2].

[1]Laboratorio de Epizootiología, CENID-SAI, INIFAP. [2]Programa de estancias posdoctorales de SECIHTI.

*Autor para correspondencia: cerriteno.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: cerdos, EOA, *Orthorubulavirus*.

Introducción

El *Orthorubulavirus suis* es un *Paramixovirus* con un genoma de ARN monocatenario, envuelto y de polaridad negativa, también conocido como Virus de La Piedad Michoacán (VLPM), y es el agente causal de la enfermedad del ojo azul (EOA) en cerdos. Hasta el año 2022, según su clasificación taxonómica, se denominaba *Orthorubulavirus porcino* y antes del 2019, se conocía como *Rubulavirus porcino*. La EOA se presentó por primera vez en 1980 en una granja ubicada en La Piedad Michoacán, México [1]. En lechones menores de 21 días, la EOA causa un cuadro clínico de incoordinación, temblores musculares, postración y opacidad corneal. En cerdos de todas las edades, puede presentarse (entre un 1% y un 10%) una opacidad corneal unilateral o bilateral (ojo azul) debido a edema corneal y uveítis anterior. Por otro lado, se han reportado tasas de seroprevalencia de entre el 9% y el 23.7% en cuatro estados del centro de México en el año 2011 [2]. Sin embargo, a la fecha, no se ha llevado a cabo un estudio actualizado y formal sobre la presencia de la EOA en el centro del país, a pesar de la importancia que representa para la producción porcícola. Por ello, el objetivo de este trabajo es evaluar la presencia de anticuerpos en muestras de suero de animales sin antecedentes de vacunación, mediante la técnica del ELISA indirecto y provenientes de estados del centro del país donde la enfermedad permanece endémica.

Materiales y métodos

Para el desarrollo y estandarización del ELISA indirecto, se usó la proteína recombinante NP como antígeno, que fue proporcionada en forma purificada por el CENID-SAI. Por otro lado, se usó un conjunto de sueros de cerdos infectados experimentalmente como controles positivos (n = 77), otro lote de sueros de cerdos sanos sin antecedentes de infección como controles negativos (n = 104) y todos fueron confirmados mediante WB. La estandarización del ELISA indirecto (iELISA), se llevó a cabo utilizando diferentes concentraciones de antígeno (desde 100 ng hasta 50 ng por pozo), diferentes diluciones de sueros (1:50 hasta 1:200), así como de conjugado (anti-pig HRP). La placa con el antígeno y anticuerpo fue incubada 1 h a 37 °C, después, fue lavada con PBS-Tween. Finalmente, la placa fue lavada con PBS-Tween y se colocó el sustrato tetrametilbencidina, se incubó 30 min hasta la coloración deseada. La reacción fue detenida con H_2SO_4 2M y medida a una densidad óptica de 450 nm. Para determinar los valores de sensibilidad y especificidad, se llevó a cabo una comparación con los resultados del WB y el ELISA utilizando una tabla de contingencia 2 × 2 (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla de contingencia 2X2. A = número de verdaderos positivos, B = número de falsos positivos, C = número de falsos negativos, D = número de verdaderos negativos. Sensibilidad (%) = [100] × [A/(A + C)], Especificidad (%) = [100] × [D/(B + D)].

	LPMV Positivos	LPMV Negativos	Total
Sueros positivos	A	B	A + B
Sueros negativos	C	D	C + D
Total	A + C	B + D	N

Después, una colección de 839 sueros de animales sin antecedentes de vacunación, colectados entre los años 2019-2024, provenientes de rastro (594), traspatio (245), provenientes de los Estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Querétaro y Veracruz, fueron analizados. Finalmente, algunos sueros fueron confirmados mediante la prueba de inmunofluorescencia indirecta usando sueros policlonales contra la proteína NP como control positivo.

Resultados y discusión

Para el desarrollo de un iELISA con la proteína NP, se optimizó con 75 ng/pozo de antígeno, la dilución del suero fue de 1:200, la dilución del secundario fue de 1:17500 como los mejores resultados y un valor de índice Kappa=0.97. Se determinó una especificidad y sensibilidad del 98.1% y 98.7%, respectivamente. Según nuestros hallazgos, el 45% de las muestras de suero (378/839) fueron positivas y un 55% de fueron negativas, con porcentajes de seropositividad en los estados analizados que oscilaron entre el 72.5% y el 6%. Por ejemplo; el Estado de México presentó la tasa de positividad más alta, con un 72.5% (37/51), seguido de Michoacán con un 60% (21/35), Jalisco con un 57.5% (146/254), Aguascalientes con un 48.9% (89/182), Guanajuato con un 42.6% (46/108), Querétaro con un 16.3% (14/86), Morelos con un 11% (8/73) y, por último, Veracruz con un 6% (3/50). El porcentaje de positividad en rastro fue del 47.8% (284/594) y en traspatio de 32.7% (80/245) (Figura 1).

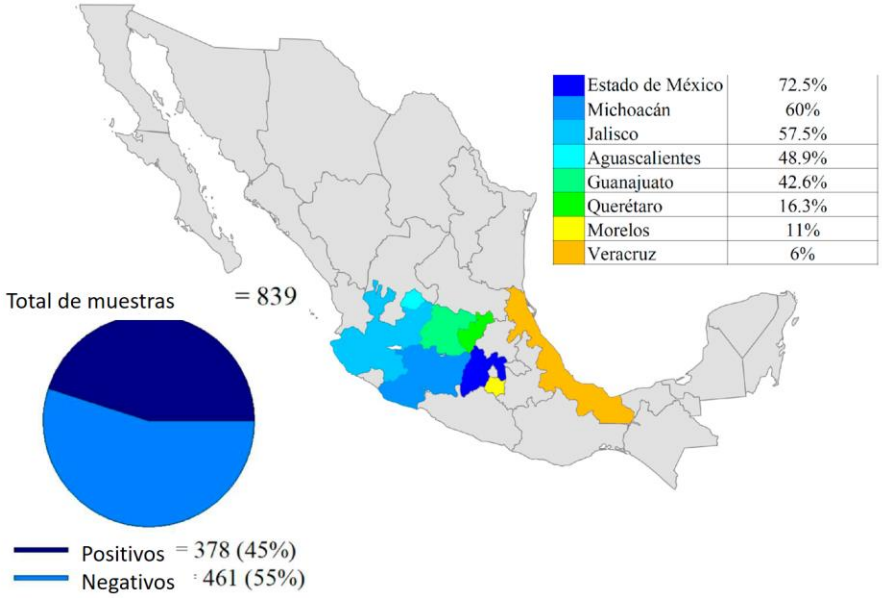


Figura 1. Mapa de la distribución de la seropositividad de la EOA en diferentes estados de la República Mexicana.

Estos resultados son diferentes a lo obtenido en el trabajo reportado por Escobar-López y col., en el 2011, donde se encontró, a través de la técnica de inhibición de la hemaglutinación, un porcentaje de prevalencia del 9 al 27% [2], demostrando que, en los últimos años, la cantidad de animales con anticuerpos contra VLPM ha ido en aumento y que se requieren de mejores estrategias de prevención [3]. Finalmente, algunos sueros que salieron positivos en este estudio, fueron analizados mediante la inmunofluorescencia indirecta, la presencia de señal intracitoplasmática específica fue una clara señal de confirmación de la presencia de anticuerpos específicos de VLPM, en relación con los controles; para los sueros positivos se observó la misma señal, mientras que los sueros negativos no presentaron señal y sólo fluorescencia de fondo (Figura 2).

.

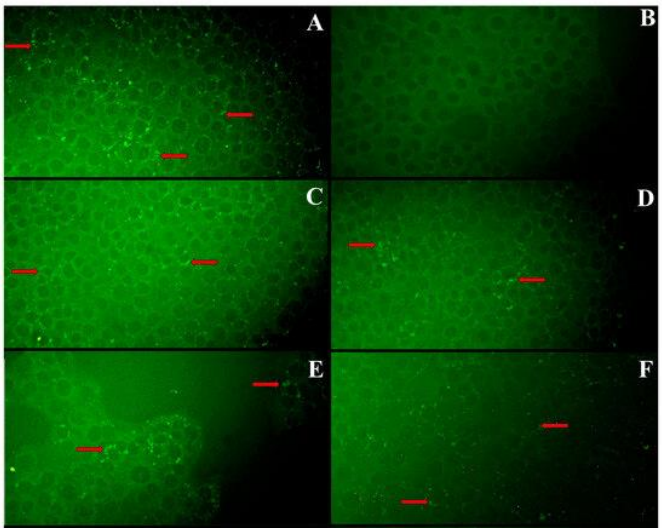


Figura 2. Inmunofluorescencia de algunos sueros positivos por ELISA indirecta provenientes de los Estados de la República. A) suero control positivo, B) suero control negativo, C) suero positivo del Estado de México, D) suero positivo de Michoacán, E) suero positivo de Jalisco, F) suero positivo de Aguascalientes. Las flechas rojas señalan el lugar donde se observa señal específica.

Conclusión

En este trabajo, se desarrolló un ELISA indirecto con una buena sensibilidad y especificidad, lo que permitió llevar a cabo un estudio de la presencia de anticuerpos contra la EOA de los cerdos, con una prevalencia mayor al 40% en rastro y mayor al 30% en traspatio. Los resultados indican un aumento de la cantidad de animales seropositivos en los últimos años, por lo cual es necesario llevar a cabo más estrategias de prevención en el país para control de la enfermedad.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo ha sido financiado por "Proyectos fiscales: Evaluación de compuestos inmunomoduladores y compuestos antivirales para el tratamiento de la enfermedad del ojo azul porcino" [no. 2192136578] del CENID-SAI/INIFAP, Ciudad de México, México.

Referencias bibliográficas

1. Stephan, H. A. (1988). Encephalomyelitis, reproductive failure and corneal opacity (blue eye) in pigs, associated with a paramyxovirus infection. *The Veterinary Record, 122* (1), 6-10. doi:https://doi.org/10.1136/vr.122.1.6.
2. Escobar-López, A.C., Rivera-Benitez, F., Castillo-Juárez, H., Ramírez-Mendoza, H., Trujillo-Ortega, M.E., Sánchez-Betancourt, J.I., *Transbound Emerg Dis*. 2012. 59(5):416-20. doi: 10.1111/j.1865-1682.2011.01286.x.
3. Lara-Romero, R., Cerriteño-Sánchez, J. L., Castañeda-Montes, M. A., Ramírez-Mendoza, H., & Cuevas-Romero, J. S. (2024). Seroepidemiology for Orthorubulavirus suis in Mexican pigs by development of an indirect ELISA based on a recombinant NP protein. *Pathogens, 13*(12), 1135. doi: https://doi.org/10.3390/pathogens13121135.

IMPLEMENTACIÓN DE UN ELISA RECOMBINANTE PARA LA DETECCIÓN DE ANTICUERPOS CONTRA *Chlamydia abortus.*

Miguel Angel De la Rosa-Ramos[1], Fernando Martín Guerra-Infante[2], Ángela Roque-López[1], Francisco Suárez-Güemes[1], Laura Cobos Marín[1]; Beatriz Arellano-Reynoso[1*].

[1]FMVZ-UNAM, [2]INPerIER.

*Autor para correspondencia: arerey@yahoo.com

Palabras clave: Clamidiasis, ELISA, cabras.

Introducción

La cría de ganado caprino es una actividad importante en nuestro país, especialmente para familias de bajos recursos, a quienes ofrece sustento y oportunidades económicas. Aunque su contribución a la producción nacional de leche y carne podría considerarse moderada, México ocupa el lugar 26 en producción mundial de leche de cabra, lo que marca la importancia social y nutricional del sector. Sin embargo, factores como la nutrición y las enfermedades infecciosas impactan negativamente la productividad y el bienestar de los rebaños; entre estas enfermedades, la clamidiasis, o aborto enzoótico de los pequeños rumiantes (AEPR), ha ganado terreno.

Esta enfermedad es causada por bacterias del género *Chlamydia*, principalmente *C. abortus* y *C. pecorum*. La clamidiasis provoca abortos en el último tercio de la gestación o el nacimiento de crías débiles que suelen morir pronto. Aunque habitualmente el aborto ocurre sin previo aviso, suelen observarse cambios de comportamiento y secreciones vaginales con alta carga bacteriana en días previos.

En México, el reconocimiento oficial del AEPR como enfermedad endémica de notificación obligatoria en 2016 llegó tarde, lo que ha retrasado el desarrollo de herramientas de diagnóstico y prevención, facilitando su propagación. Los primeros reportes de aislamiento fueron en 1997 y la confirmación de su impacto zoonótico hasta 2001, período en el cual la enfermedad se ha extendido por varios estados y se ha mantenido hasta la fecha, afectando tanto al ganado como a la población humana, particularmente a mujeres embarazadas que mantienen contacto con animales infectados.

Actualmente, el diagnóstico del AEPR se basa en la detección de DNA de *Chlamydia* mediante PCR o qPCR, o mediante el aislamiento bacteriano en cultivo celular; estos métodos, aunque precisos, son costosos, lentos y no siempre adecuados para el trabajo de campo. Aunado a que la disponibilidad de estuches serológicos comerciales es limitada y su precio resulta inalcanzable para muchos caprinocultores. Ante estas limitaciones, la investigación se enfoca en desarrollar nuevas herramientas diagnósticas que sean portátiles, económicas y fáciles de usar. Por lo que nuestro grupo de trabajo desarrolló la proteína recombinante MOMP de *C. abortus* expresada en *E. coli*, la cual se empleará en el desarrollo de una prueba de ELISA. Estos avances son cruciales para un control más efectivo de la clamidiasis y para proteger tanto a los rebaños como a las comunidades que dependen de ellos.

Objetivo

Desarrollar una prueba de ELISA que emplee la proteína recombinante MOMP de *C. abortus* como antígeno y compararla con una prueba comercial que detecte los anticuerpos anti-*C. abortus* en sueros de cabras.

Materiales y métodos

La proteína recombinante de *C. abortus* (rMOMP) se obtuvo de la cepa de *Escherichia coli* BL21 transformada con el gen *ompA* de *C. abortus* (1141 bp), crecida en medio LB con ampicilina, como se describió previamente por Santiago-Barrientos (2019). La identidad de la proteína se probó por secuenciación, la calidad y pureza de la proteína se determinaron mediante electroforesis en geles de poliacrilamida al 12% y la concentración mediante la técnica de Bradford.

Para el ensayo de ELISA, se utilizaron placas Costar® de alta afinidad de 96 pocillos (Corning Inc., ME, EE. UU.). Cada placa se sensibilizó con 100 µl de rMOMP a una concentración de 200 pg/mL en solución de carbonato-bicarbonato (0.1 M, pH 9.5). Los sueros analizados se diluyeron 1:200 en PBS-Tween (0.05%), y el procedimiento se realizó como se describió previamente por de Haro-Cruz et al. (2019). El

valor del punto de corte se realizó con la fórmula habitual de media aritmética más tres desviaciones estándar del valor promedio de los controles negativos.
Las muestras con valores de absorbancia mayores o iguales al valor de corte se consideraron positivas y cada muestra se analizó por duplicado. Los sueros analizados se probaron adicionalmente con el kit comercial ID Screen® *Chlamydophila abortus* Indirect Multi-species. Para evaluar la sensibilidad y especificidad del ensayo de ELISA recombinante se comparó con el kit comercial, mediante el método de la tabla de 2x2.

Resultados y discusión

Se probaron un total de 84 sueros de cabras que recién habían parido provenientes de los estados de Chihuahua y Guanajuato con reporte previo de AEPR. Al comparar los resultados del ELISA rMOMP con los obtenidos del kit comercial, 35/84 fueron verdaderos positivos, 34/84 fueron verdaderos negativos, 13/84 falsos positivos y 2/84 fueron falsos negativos, con respecto a esos resultados la sensibilidad de la ELISA fue del 72.92% y la especificidad del 94.44% al compararla con la prueba comercial.
El Valor predictivo positivo (VPP) fue de 94.6% y el Valor predictivo negativo (VPN) fue de 72.34%, mientras que los datos de Razón de Verosimilitud positiva (Lr+) y negativa (Lr-) fueron de 12.17 y 0.29, respectivamente. Estos resultados indican que esta prueba de ELISA parece ser bastante buena para confirmar la presencia de anticuerpos contra *Chlamydia abortus* cuando el resultado es positivo. Sin embargo, su capacidad para descartar la enfermedad cuando el resultado es negativo es moderada, como lo indica el VPN y el LR-.
El diagnóstico de infección por *Chlamydia abortus* en animales tradicionalmente se hace mediante las pruebas moleculares (PCR, qPCR) o aislamiento de la bacteria en cultivo celular considerada el "estándar de oro". Sin embargo, estas técnicas presentan varias desventajas, como la necesidad de equipo y personal altamente capacitado. En contraste, la prueba de ELISA se ha propuesto como una alternativa altamente sensible y específica, lo que ha llevado al desarrollo de ensayos comerciales que utilizan péptidos sintéticos o proteínas recombinantes de la Proteína principal de Membrana Externa (MOMP por sus siglas en inglés). No obstante, en México su adquisición es costosa ya que los estuches comerciales que existen actualmente son importados.
En el mercado existen varios ejemplos de kits que emplean distinta molécula como antígeno de captura, los que utilizan péptidos sintéticos de MOMP (kit IDvet), los que usan a la proteína POMP90-93 (kit MVD-Enfer) y los que emplean al LPS (kit LSI) solo por mencionar algunos. Los ensayos de ELISA comerciales han mostrado sensibilidades y especificidades variables, siendo los que usan MOMP los de mayor precisión. Un estudio con borregos demostró mayor sensibilidad (94.74%) que la que utilizó LPS como antígeno (kit LSI). El ELISA de este estudio mostró una sensibilidad muy cercana a la obtenida con otros kits comerciales que emplean la proteína MOMP, tales como MVD-Enfer e IDvet, con 78.95% y 73.68% respectivamente.
La comparación entre los ELISAs basados en MOMP, y la Fijación de Complemento (FC) ha descrito que el ELISA detecta 9 de cada 10 rebaños infectados, mientras que la FC detecta 6 de cada 10 rebaños. En cuanto a la especificidad, se menciona que cuando se realiza la detección de LPS mediante ELISA de captura o tipo sandwich suele existir una reacción cruzada entre las especies de *C. pecorum* y *C. abortus*, así como con bacterias Gram negativas como *Acinetobacter* sp. y *Salmonella* spp., que muestran similitud en el LPS. Debido a lo anterior, se sugiere que las proteínas recombinantes y los péptidos sintéticos de MOMP podrían ser los más adecuados para estudios serológicos, ya que se puede disminuir la cantidad de anticuerpos de reactividad cruzada. En nuestro caso la especificidad (94.6%) fue mayor a la reportada por McCauley y cols. del 70.4% al usar un ELISA basado en péptidos sintéticos de MOMP, esta baja especificidad podría deberse a que el ELISA de MaCauley detecta inmunoglobulinas de reactividad cruzada.
Se debe tomar en cuenta que los anticuerpos contra antígenos de superficie como MOMP persisten por más tiempo, aunque se ha reportado que en pequeños rumiantes que paren normalmente, los anticuerpos contra los antígenos de superficie de *Chlamydia* no persisten por tiempo prolongado. Además, se ha demostrado que los anticuerpos anti-MOMP solo aumentan en el momento del aborto y luego disminuyen gradualmente, por lo que es importante también tomar en cuenta el tiempo en el que se hace la toma de la muestra antes y después de un parto o aborto. Por otro lado, se sugiere hacer estudios de reactividad cruzada para descartar contra otras especies de *Chlamydia* que pudieran encontrarse en el ganado caprino aún de manera asintomática.

.

Conclusiones

La prueba de ELISA basada en rMOMP podría ayudar a identificar a cabras que tuvieron contacto con *C. abortus* y servir como una herramienta valiosa para reducir los costos de las pruebas moleculares en campo.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este estudio fue financiado por la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA, PAPIIT IT202224: Implementación de pruebas alternativas para el diagnóstico de clamidiasis caprina).

Referencias bibliográficas

1. M.J. de Haro-Cruz, S.I. Guadarrama-Macedo, M. López-Hurtado, M.R. Escobedo-Guerra, F.M. Guerra-Infante. Obtaining an ELISA test based on a recombinant protein of *Chlamydia trachomatis*. International microbiology, 22:1(2019) 471–478. https://doi.org/10.1007/s10123-019-00074-4
2. M. Fayez, A. Elmoslemany, M. Alorabi, M. Alkafafy, I. Qasim, T. Al-Marri, I. Elsohaby. Seroprevalence and Risk Factors Associated with *Chlamydia abortus* Infection in Sheep and Goats in Eastern Saudi Arabia. Pathogens (Basel, Switzerland), 10:4(2021) 489. https://doi.org/10.3390/pathogens10040489
3. J.C. Mora-Díaz, E. Díaz-Aparicio, E. Herrera-López, F. Suárez-Güemes, C. Escalante-Ochoa, S. Jaimes-Villarreal, B. Arellano-Reynoso. Isolation of *Chlamydia abortus* in dairy goat herds and its relation to abortion in Guanajuato, Mexico. Veterinaria México OA, 2:1(2015), 01-11. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-67602015000100001&lng=es&tlng=en.
4. L.M. O'Neill, Á. O'Driscoll, B. Markey, B. Comparison of three commercial serological tests for the detection of *Chlamydia abortus* infection in ewes. Irish veterinary journal, 71(2018) 13. https://doi.org/10.1186/s13620-018-0124-2
5. C.I. Santiago Barrientos. Expresión de OmpA recombinante de *Chlamydia abortus* en *Escherichia coli*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. 2019. Repositorio Institucional UNAM. https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000795408/3/0795408.pdf

.

PRESENCIA DE *FUSARIUM* PRODUCTOR DE ZEARALENONA DURANTE LAS ESTACIONES SECA Y HÚMEDA EN MOSCA DOMÉSTICA EN GRANJAS LECHERAS DE AGUASCALIENTES.

Erika Janet Rangel-Muñoz[1*], Arturo Gerardo Valdivia-Flores[1], Carlos Cruz-Vázquez[2], María Carolina de-Luna-López[1], Emmanuel Hernández-Valdivia[1], Irene Vitela-Mendoza[2], Leticia Medina-Esparza[2], Teódulo Quezada-Tristán[1]

[1]Departamento de Ciencias Veterinarias, Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. [2]División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes.

*Autor para correspondencia: janet.rangel@edu.uaa.mx

Palabras clave: diseminación fúngica, control de micotoxinas, clima.

Introducción

La zearalenona (ZEA) es un metabolito secundario tóxico sintetizado por varias especies de *Fusarium*, especialmente *F. graminearum*, *F. cerealis* (*F. crookwellense*), *F. equiseti*, *F. culmorum*, *F. verticillioides* y *F. semitectum*. La capacidad de producir ZEA varía entre especies y cepas de la misma especie; además, la cantidad de ZEA formada depende de factores ambientales. En el ganado lechero, la ZEA provoca cambios en la actividad estrogénica, problemas reproductivos e infertilidad, lo que induce a una disminución en la producción de leche y pérdidas económicas significativas. Cuando ocurre contaminación de alimentos con ZEA, es porque los conidios de *Fusarium* lograron alcanzar un sustrato en condiciones adecuadas para su desarrollo; esto significa que la contaminación con esporas es una condición necesaria para la contaminación de la cadena alimentaria, la cual debe complementarse con la falta de buenas prácticas agrícolas o ganaderas. Por lo tanto, la diseminación de conidios a través de vectores como las moscas domésticas puede ser un factor crítico para el control de la contaminación. La mosca doméstica (*Musca domestica)* es un insecto cosmopolita con alta actividad gregaria, alimentaria y sexual; constituye una plaga estrechamente relacionada con las actividades humanas y agrícolas y una amenaza para la salud pública y animal. De esta manera, cuando la superficie de su cuerpo, la saliva o las heces entran en contacto físico con otros materiales, se establece una vía para la diseminación de agentes biológicos prevalentes y emergentes. Se ha detectado que la mosca doméstica es una vía para la diseminación de esporas de hongos filamentosos y se ha demostrado que las condiciones meteorológicas modifican la abundancia y movilidad de la mosca doméstica; aunque el ciclo biológico se completa en tres semanas, en estaciones húmedas y cálidas (60–70% de humedad relativa; 25–35 °C) y con sustratos ricos en nutrientes, puede reducirse a tan solo 8 días, lo que le permite acelerar exponencialmente el crecimiento poblacional e intensificar la diseminación de hongos toxigénicos y sus micotoxinas. El objetivo de este estudio fue identificar la presencia de *Fusarium* productor de zearalenona en mosca doméstica recolectada en granjas lecheras de Aguascalientes durante las estaciones seca y húmeda.

Materiales y métodos

Durante las estaciones seca y húmeda se recolectaron moscas domésticas en 10 granjas lecheras del estado de Aguascalientes, empleando trampas artesanales y un atrayente ecológico; las trampas fueron colocadas en 7 sitios diferentes de cada uno de los establos (silo, sala de ordeña, becerreras, bodega y 3 comederos). Las moscas recolectadas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% durante un minuto y se enjuagaron con agua destilada estéril tres veces, posteriormente se bañaron en una solución de peptona de caseína al 1%, a una dilución de 10^{-1}. El sobrenadante se sembró en placas con medio de crecimiento Sabouraud y PDA, se monitoreó su crecimiento y se identificaron las características de las colonias fúngicas mediante preparaciones de azul de algodón-lactofenol. En los aislados que presentaron características morfológicas congruentes al género *Fusarium*; se cuantificó la presencia de zearalenona, mediante la técnica de inmunoensayo enzimático (ELISA) competitivo, empleando kits comerciales y siguiendo los protocolos sugeridos y estandarizados por el fabricante (Ridascreen Fast Zearalenone, Art. No. R5502, r-Biopharm). Las variables cuantitativas de número de moscas capturadas y cantidad de aislados fúngicos se sometieron a un ANOVA de una vía, considerando

como factores separados la granja y el sitio de colecta; se aseguró la normalidad y homocedasticidad de los factores. También se incluyó un análisis de modelo lineal general con efectos anidados para determinar la influencia de las variables predictoras (estación, precipitación, humedad relativa, granja lechera y sitio de captura) en la abundancia de hongos y moscas. Se compararon modelos alternativos y se utilizó el valor del coeficiente de determinación (R^2) para seleccionar el mejor modelo. En todos los análisis se utilizó el programa estadístico Statgraphics Centurion XV versión 16.1.03, y un valor-*p* < 0.05 se consideró significativo.

Resultados y discusión

En este estudio, se observó que, en comparación con la estación seca, las condiciones ambientales de la estación lluviosa se asociaron significativamente (p < 0,001) con un aumento de las poblaciones de mosca doméstica y hongos productores ZEA. La presencia de especies toxigénicas de *Fusarium* spp. en granjas lecheras constituye un problema relevante, ya que la ZEA que producen interviene en la cadena alimentaria y afectan la salud pública; además, estas micotoxinas deterioran la salud y la producción animal. Sin embargo, hasta donde sabemos, se publica aquí por primera vez información sobre la influencia de las condiciones meteorológicas en la intensidad del proceso de diseminación de hongos toxigénicos por moscas domésticas.

El cuadro 1 muestra un análisis general del modelo lineal para caracterizar tanto la significancia individual (valor-*p*) de cada uno de los factores que podrían estar interactuando para influir en la micobiota y la población de moscas domésticas, como la determinación combinada de la variación (coeficiente de determinación R^2) en el número de moscas y hongos. En general, el aumento en la micobiota y de *Fusarium* spp. productores de ZEA durante la estación húmeda estuvo significativamente (*p* < 0,001) relacionado con los efectos combinados de la precipitación pluvial, la humedad relativa y las características generales inherentes a la estación húmeda (R^2: 46.4-74.4 %; cuadro 1). Además, el número de aislamientos obtenidos de *Fusarium*, así como el número de estos aislamientos que podrían producir ZEA, estuvo significativamente (*p* < 0.001) asociado con el número de moscas domésticas atrapadas (coeficiente de correlación 0.630-0.887). En el análisis del modelo lineal general, las granjas lecheras, anidadas dentro de la misma granja, resultaron significativas para el número de aislados de *Fusarium* spp. productores de ZEA. Otros factores, como las temperaturas media, máxima y mínima, no tuvieron una influencia directa significativa (*p* > 0.05), pero sí se relacionaron de forma independiente con variables meteorológicas estacionales, como la pluviosidad y la humedad relativa.

Cuadro 1. Análisis de significancia (*p-valor*) de la influencia de los factores predictores sobre el número de moscas y *Fusarium* spp. en granjas lecheras utilizando el método de modelo lineal generalizado.

Factor	Mosca doméstica	Aislados fúngicos	*Fusarium*	*Fusarium* spp. productores de ZEA
Modelo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Estación	0.0003	0.0000	0.0095	0.0060
Granja	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sitio de colecta	0.9249	0.9816	0.5305	0.0025
Precipitación Pluvial	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Humedad Relativa	0.0010	0.0004	0.0251	0.0156
Coeficiente de determinación R^2 (%)	74.4	67.0	46.6	53.7
Coeficiente de correlación con moscas domésticas atrapadas (*** *valor-p* < 0.001)	----	0.8870***	0.6910***	0.6410***

En este estudio, se observó un aumento altamente significativo (p < 0.001) en el número total de hongos en granjas lecheras durante la estación húmeda en comparación con la estación seca. Se ha demostrado que cuando la lluvia ocurre con temperaturas cálidas, se establecen ambientes propicios para la proliferación de hongos, la producción de micotoxinas y la multiplicación de moscas. Esto también sugiere que las condiciones climáticas durante el período húmedo de este estudio influyeron en una mayor abundancia de hongos toxigénicos y contaminación por moscas en comparación con el período seco. En

el presente estudio, fue posible aislar un número significativo (5051) de hongos de varios géneros; este hallazgo sugiere que la amplia presencia de hongos y moscas domésticas en el ambiente puede desempeñar un papel importante en la diseminación de esporas con capacidad infectiva. Ya se han identificado varios géneros de hongos en la superficie corporal de moscas domésticas atrapadas en espacios antropogénicos.

En el presente estudio, se observó un gran aumento (3.5 veces) en el número de moscas contaminadas con hongos durante el período húmedo en comparación con el período seco. También se observó que la proporción promedio de *Fusarium* spp. productores de ZEA que contaminaban el cuerpo de la mosca se duplicó durante el período húmedo. Ya se ha descrito que las condiciones húmedas en climas cálidos también pueden promover el crecimiento y la esporulación de hongos, aumentando la disponibilidad de esporas para que las moscas las transporten y dispersen. Esto sugiere que los altos niveles de humedad pueden mejorar la cantidad, disponibilidad y viabilidad de las esporas de hongos al prevenir su desecación y exposición solar, y al aumentar la contaminación y diseminación de las moscas en los sitios donde deambulan en busca de alimento o material para ovopositar. El papel de la mosca doméstica como dispersora de diferentes patógenos, especialmente bacterias, virus y parásitos, ya ha sido ampliamente demostrado. Por lo tanto, el aislamiento de *Fusarium* spp. productores de ZEA del cuerpo de la mosca sugiere fuertemente que la mosca doméstica actúa como un vector mecánico de los hongos toxigénicos en las granjas lecheras.

Conclusiones

El presente estudio sugiere que, durante la temporada de lluvias, las especies toxigénicas de *Fusarium* spp. intensifican el uso de la mosca como vector mecánico, que moviliza las esporas desde los diferentes reservorios naturales hacia los sustratos alimentarios presentes en los sitios donde habitan humanos y animales domésticos. Esto puede implicar la existencia de una vía rápida para la incorporación de hongos a los cultivos, así como, en última instancia, la contaminación de la cadena alimentaria por ZEA, lo que representa un riesgo importante para la salud humana y animal, así como para la producción rural y la economía de la industria láctea. Por lo que, el control de la mosca doméstica en las granjas lecheras durante la estación húmeda es esencial para reducir la propagación de hongos a los ingredientes de los alimentos y limitar la contaminación de los alimentos y la leche cruda con sus micotoxinas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece el apoyo financiero brindado por la Universidad Autónoma de Aguascalientes (Proyecto PIP/SA 25-1).

Referencias bibliográficas

1. Gallo, A.; Mosconi, M.; Trevisi, E.; Santos, R.R. Adverse Effects of Fusarium Toxins in Ruminants: A Review of In Vivo and In Vitro Studies. Dairy 2022, 3, 474–499. https://www.mdpi.com/2624-862X/3/3/35
2. Dogan, V.; Dal, S.D. Negative effects of zearalenone on reproductive productivity in dairy cattle. Vet. J. KU 2022, 1, 42–57. https://dergipark.org.tr/en/pub/vetjku/issue/71325/1146433
3. Minervini, F.; Dell'Aquila, M.E.; Maritato, F.; Minoia, P.; Visconti, A. Toxic effects of the mycotoxin zearalenone and its derivatives on in vitro maturation of bovine oocytes and 17β-estradiol levels in mural granulosa cell cultures. Toxicol. Vitr. 2001, 15, 489–495. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0887233301000686?via%3Dihub
4. Metzler, M.; Pfeiffer, E.; Hildebrand, A. Zearalenone and its metabolites as endocrine disrupting chemicals. World Mycotoxin J. 2010, 3, 385–401. https://doi.org/10.3920/WMJ2010.1244
5. Rangel-Muñoz, E.J.; Cruz-Vázquez, C.; Medina-Esparza, L.; Vitela-Mendoza, I.; Valdivia-Flores, A.G. Presence of the toxigenic fungi Aspergillus spp. and Fusarium spp. in Musca domestica L. (Diptera: Muscidae) collected from dairy farms. J. Dairy Sci. 2023, 106, 5468–5473. https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(23)00331-4/fulltext

.

AVANCES EXPERIMENTALES *IN SILICO* DEL SISTEMA TÓXINA-ANTITÓXINA DE *Coexiella burnetii*, CLAVE PARA DESARROLLO DE TÉCNICAS MOLECULARES PARA SU DETECCIÓN.

V. García-Angulo[1], O. Sánchez-Miranda[2], R. Cossío Bayúgar[3], E. Miranda Miranda[3], J. A. Ramos Aragón[3] y B. Sachman-Ruiz[*3].

[1]Universidad de Chile; [2] UPEMOR Universidad Politécnica del Estado de Morelos; [3]INIFAP / Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad.

*Autor para corresndencia: sachman.bernardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fiebre Q, *Coexilla burnetii*, tóxina-antitóxina, IS1111, identificación.

Resumen

Coexiella burnetii es una bacteria patogénica en humanos que produce la fiebre Q y que puede ser dispersada por la garrapata del ganado *Rhipicephalus microplus*. Tradicionalmente se identifica molecularmente por PCR y RT-PCR de la IS1111. Además de tener múltiples copias, recientemente se encontró una similitud del 90% de la IS1111 de *C. burnetii* en una *Coexiella* endosimbionte en la garrapata del wómbat, lo que la hace inespecífica a nivel de especie. En el presente trabajo se analizarán *in silico* el sistema tóxina-antitóxina de *C. burnetii*, región que podría ser clave para el desarrollo de una técnica molecular de RT-PCR para su detección específica.

Introducción

El genoma de *Coexiella burnetii* contiene copias múltiples de la IS1111 a lo largo de su cromosoma bacteriano, como resultado de una acelerada evolución por medio de la recombinación de entre las copias de IS1111 lo cual induce a tener una plasticidad importante y re-arreglos de bloques de DNA masivos: inserciones/deleciones (Hoover, Vodkin and Williams 1992; Seshadri et al. 2003; Klee et al. 2006; Denison, Thompson and Massung 2007; Beare et al. 2009; Sidi-Boumedine et al. 2014). La IS1111-Tnp solo está presente en *C. burnetii* con un 99% de identidad entre los genomas secuenciados y es utilizada como método de detección por PCR y RT-PCR, sin embargo, recientemente se encontró que mantiene un 90% de identidad con el endosimbionte *Coexiella* sp. en la garrapata del wómbat *Bothriocroton auruginans* (Vilcins, Old and Deane 2009). En el contexto genético del operón de la biosíntesis de la riboflavina en el género *Coxiella*, son los tóxina-antitoxina, ya que únicamente los hemos encontrado en todos los genomas de la especie *C. burnetii*, patógeno de humanos que produce la fiebre Q y que puede ser dispersada por la garrapata del ganado *Rhipicephalus microplus*.

Materiales y métodos

Para los análisis *in silico* se utilizaron herramientas bioinformáticas como el BLAST (buscador de secuencias blast.ncbi.nlm.nih.gov), MUSCLE (alineador múltiple de secuencias ebi.ac.uk/jdispatcher/msa/muscle), eInverted de Emboss y secuencias de acceso libre en el Genbank (ncbi.nlm.nih.gov), familias de proteínas en PFam y filogenias con MEGA13.

Resultados y discusión

Se buscó el contexto genético del sistema tóxina-antitóxina de C. burnetii y todas las secuencias disponibles (Figura 1).



Figura 1. Contexto genético

.

Se buscaron inversas repetidas en el espaciador intergénico con el programa eInverted de Emboss http://emboss.bioinformatics.nl/cgi-bin/emboss/einverted y no se encontró ninguna Warning: No sequences written to output file 'outseq'. Se buscaron secuencias de inserción en la zona intergénica entre ribE y ribD, y se encontró una secuencia parcial de la IS1111c, la cual ha sido utilizada para corroborar la infección de *C. burnetti* en casos clínicos (Figura 2).

```
> IS1111C  Family: IS110

Length=1452
 Score = 44.1 bits (22),  Expect = 4e-04
 Identities = 28/30 (93%), Gaps = 0/30 (0%)
 Strand=Plus/Plus
Query  898   CCGTTTTCCGCTTCGCTTCATACGGGCTAC  927
             |||| |||||||||||| ||||||||||||
Sbjct  1423  CCGTATTCCGCTTCGCTGCATACGGGCTAC  1452
 Score = 34.2 bits (17),  Expect = 0.38
 Identities = 23/25 (92%), Gaps = 0/25 (0%)
 Strand=Plus/Minus
Query  897   CCCGTTTTCCGCTTCGCTTCATACG  921
             ||||| |||||||||||| ||||||
Sbjct  1405  CCCGTATTCCGCTTCGCTGCATACG  1381
```

Figura 2. Búsqueda de secuencias de inserción en el genoma de *Coexiella* endosimbionte de la garrapata.

Se realizaron búsquedas con la herramienta Blastn excluyendo *Coxiella burnetii* y no se encontraron best-hits. A partir de la secuencia en aminoácidos se realizó un Blastp y una búsqueda en PFam. Los resultados de identidad y cobertura varían entre la toxina y la antitoxina.

Secuencias:
> plasmid stabilization system antitoxin protein
MKISCRVKPISYLKSNTAEIVRDISETREPMLITQNGEAKLVVLDVKSYEEYEETLSLLKILSLGQKEIEKGQFRSADDVFADLDK

```
consensus      1 MKIVSISEAKNNLSELLDEVEDGGEpVIITRRGKPVAVLLSLEDYERLQElTLYLLSLPLNAERLAE 67
3G5O_D         8 MRILPISTIKGKLNEFVDAVSSTQDqITITKNGAPAAVLVGADEWESLQE-TLYWLAQPGIRESIAE 73  Mycobacterium tuberculosis H...
Q3A3M7         5 ESVKPITYFKAHSAEVLGHLDQDGNaLVITQNGEAKAVIMGIREYERLKD-TIALMQLLAQSERSLR 70  Pelobacter carbinolicus DSM ...
Q8KCZ1        23 SDIRPLSEFRANTAALITQVRKTGRpLVLTQHGKSAVVLLDVRHYQSMLS-AFEQMHGLQSGAEasv 88  Chlorobaculum tepidum
Q3AS52         4 EQVTSLTDFRNNPDYYFEELSKNQQpLLLTRRNKSSAVLLDATLYQTLLE-QIAFMKSVADGLEDVR 69  Chlorobium chlorochromatii CaD3
WP_011938340   8 qDIRPMSEFRTGIASFLKQVHDTKRpMIITQHGKGVAVLLDVNEYESMQE-KIELLQDIQTSVSQLE 73  Geobacter uraniireducens
WP_011938238   8 nDIIPIAEFKTGISKWFKSLQKSGHpLIITQNGKPAGVLLSPDDYDDLVY-KKSFLDSVGRGISDAE 73  Geobacter uraniireducens
WP_025280291   7 EDVIPLSDLKINPGKVVGRAQDTHRpILLTSRGRGVAVVQGLEDYERTAE-ELRFVKAVAQGLMDVR 72  Ectothiorhodospira haloalkal...
```

>
plasmid stabilization system toxin protein
MNYKVVFLQQAQLDLKELKNYMINNFSKRTWCTRYEKIKKIIHTPKLFPDAGSIPPELETLNLNQYRQAISGKNRIIYELKESIVYIHIICDV
RKDMKSLLLRRLFRSESLP

```
consensus      1 VILTPKALKDLKKIAdyiaqdnpaaAERFLKALEEALELLA-ENPALGRPlpe--------ggLkglrr-irvgDYRIIY 70
3G5O_B        20 VRFTTTARRDLHKLP----------PRILAAVVEFAFGDLSrEPLRVGKPlr----------reLagtfs-arrgTYRLLY 79  Mycobacterium t...
Q8DUM3         4 IKQTRQFKKSLKKVVk---------QGKDINKLFAIVELLC-QKSElplalrn----helkgrWrgirelhiesDWLLAY 69  Streptococcus m...
P44041         9 VSYSKQFVRDLTDLAkrsp--nvliGSKYITAIHCLLNRLPlpenyqd---------halvgeWkgyrdchiqgDLVLIY 77  Haemophilus inf...
4NRN_A         4 IETSKKFDKDLKILVk---------N-GFDLKL---LYKVV-GNLATEQPlapkykdhplkgqLkdfrechlkpDLLLVY 69  Helicobacter py...
Q9ZKW0         4 IELKKKFTKDLKKHIl---------NQKIELEV---FDLVV-ENLRNQIPldkrfkdhalsgtYkgcrerhikpDVLLVY 70  Helicobacter py...
Q8KKD2         4 IEYHNLFRKDYKKYLk---------N-GFDSKL---LDEVV-LELRQQKSldpkykdhmlkqeWypcrechikpNILLVY 69  Helicobacter py...
4LS4_A         7 LNLKKSFQKDFDKLLI--------N-GFDDSV---LNEVI-LTLRKKEPldpqfqdhalkgkWkpfrechikpDVSLVY 72  Helicobacter py...
```

Se realizó la filogenia con Egg en LUCA para la Tóxina y la antitóxina (Figura 3A y 3B).

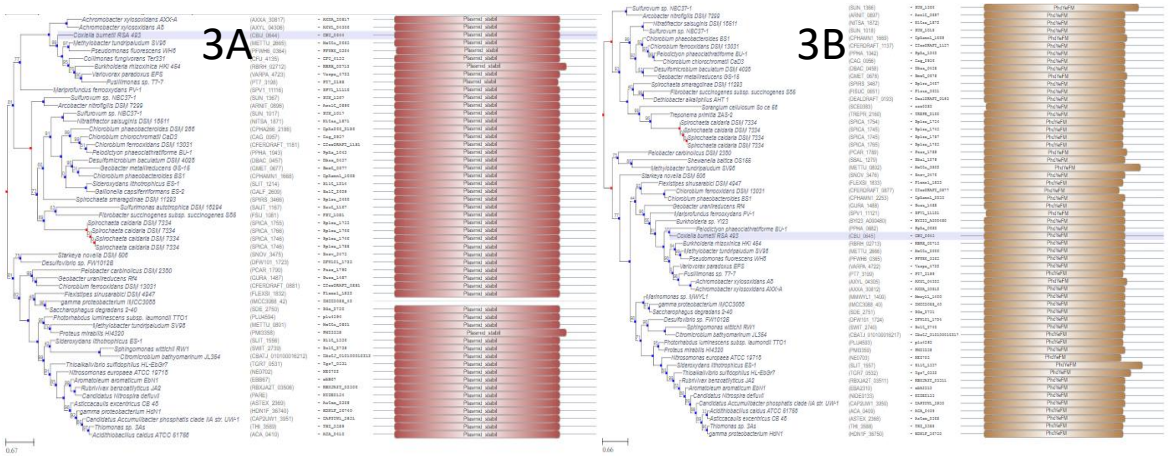


Figura 3A. Filogenia de la Tóxina; 3B. Filogenia de la Antitoxin. Los árboles filogenéticos se realizaron con el método de ML con el modelo de sustitución GTR+G y 500 boostraps con el programa MEGA13.

La región del genoma de *C. burnetii* del sistema tóxina-antitóxina podría ser un marcador específico en la detección de este patógeno de humanos, además de otras especies del genero *Coxiella* como los endosimbiontes de garrapatas.

Referencias bibliográficas

1. Beare PA, Unsworth N, Andoh M, Voth DE, Omsland A, Gilk SD, Williams KP, Sobral BW, Kupko JJ 3rd, Porcella SF, Samuel JE, Heinzen RA. 2008.Comparative genomics reveal extensive transposon-mediated genomic plasticity and diversity among potential effector proteins within the genus Coxiella. Infect Immun. 2009 Feb;77(2):642-56. doi: 10.1128/IAI.01141-08
2. Denison AM, Thompson HA, Massung RF. 2007. IS1111 insertion sequences of Coxiella burnetii: characterization and use for repetitive element PCR-based differentiation of Coxiella burnetii isolates. BMC Microbiol. 18;7:91. doi: 10.1186/1471-2180-7-91
3. Hoover TA, Vodkin MH, Williams JC. 1992. A Coxiella burnetti repeated DNA element resembling a bacterial insertion sequence. J Bacteriol. 174(17):5540-8. doi: 10.1128/jb.174.17.5540-5548.1992
4. Klee, S.R., Tyczka, J., Ellerbrok, H. *et al.* 2006. Highly sensitive real-time PCR for specific detection and quantification of *Coxiella burnetii*. *BMC Microbiol* **6**, 2. https://doi.org/10.1186/1471-2180-6-2
5. Seshadri R, Paulsen IT, Eisen JA, Read TD, Nelson KE, Nelson WC, Ward NL, Tettelin H, Davidsen TM, Beanan MJ, Deboy RT, Daugherty SC, Brinkac LM, Madupu R, Dodson RJ, Khouri HM, Lee KH, Carty HA, Scanlan D, Heinzen RA, Thompson HA, Samuel JE, Fraser CM, Heidelberg JF. 2003. Complete genome sequence of the Q-fever pathogen Coxiella burnetii. Proc Natl Acad Sci U S A. 2003 Apr 29;100(9):5455-60. doi: 10.1073/pnas.0931379100
6. Sidi-Boumedine K, Ellis RJ, Adam G, Prigent M, Angen O, Aspán A, Thiéry R, Rousset E. Draft Genome Sequences of Six Ruminant Coxiella burnetii Isolates of European Origin. Genome Announc. 2014 May 15;2(3):e00285-14. doi: 10.1128/genomeA.00285-14

FRECUENCIA DE *Dirofilaria immitis* Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS EN PERROS DE LA ZONA CONURBADA DE TAMPICO.

Melissa Diaz-Luna[1*], Verónica Carvajal-de la Fuente[1], Hugo Brígido Barrios-García[1], Jorge Loredo-Osti[1]
Daniel Sokani Sánchez Montes [2] Luis Mario Leyva Zapata[1] Everardo Salinas Navarrete[1]

[1]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Dr. Norberto Treviño Zapata.
[2]Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

*Autor para correspondencia: a2173050038@alumnos.uat.edu.mx

Palabras clave: gusano del corazón, factores de riesgo, técnicas moleculares

Introducción

La dirofilariosis cardiopulmonar o enfermedad del gusano del corazón es causada por el nematodo *Dirofilaria immitis* cuyos hospedadores intermediarios son mosquitos de los géneros (*Aedes, Culex, Anophles).* El principal hospedador definitivo es el perro doméstico afectando al ser humano como hospedador accidental. El parásito adulto se localiza en las arterias pulmonares y ventrículo derecho donde provoca serias lesiones. El diagnóstico se basa en la identificación de la etapa larvaria del nematodo en sangre periférica o a través de métodos inmunológicos que detectan antígenos de hembras adultas; no obstante, estas pruebas pueden arrojar resultados falsos negativos en especial si existen cargas parasitarias muy bajas o sólo presencia de machos. Por lo anterior, se ha recomendado utilizar técnicas moleculares las cuales tienen mayor sensibilidad y especificidad. La enfermedad ha sido registrada a nivel mundial en especial en zonas tropicales y subtropicales donde prevalecen las condiciones climatológicas idóneas para el desarrollo de sus vectores. En México se ha reportado en perros de diferentes regiones cuya prevalencia varía según sus condiciones climatológicas. En el estado de Tamaulipas, particularmente en los municipios de la zona sureste (área conurbada de Tampico) donde el vector abunda, no existen reportes científicos que evalúen la situación epidemiológica actual sobre la prevalencia de este patógeno. Por lo tanto, el principal objetivo de esta investigación fue determinar a través de microscopía y biología molecular la frecuencia de *D. immitis* en perros de la zona conurbada de Tampico, durante el periodo de enero- diciembre 2024, así como determinar algunos factores de riesgo.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló durante enero-diciembre del 2024, en Tampico, Madero y Altamira (zona conurbada de Tampico). Se utilizó un muestreo por conveniencia, no probabilístico, donde se analizaron 258 muestras de sangre de perros sin importar raza o sexo, con el único criterio de inclusión de pertenecer a la zona de muestreo y ser mayor de seis meses de edad. Los caninos procedieron de distintas clínicas veterinarias y un refugio, así como de domicilios ubicados en puntos estratégicos. La sangre se tomó por punción venosa en un tubo vacutainer con anticoagulante (EDTA) manteniéndose en refrigeración hasta su procesamiento. Conjuntamente se aplicó una encuesta a los propietarios con el fin de reunir información acerca de posibles factores asociados.

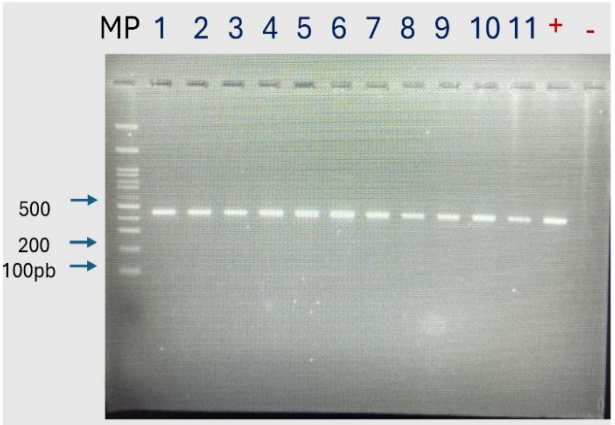
La determinación de los parámetros hematológicos se realizó en un equipo automatizado. Para las proteínas plasmáticas se utilizó el método de refractometría. Se evaluaron frotis sanguíneos (teñido con Diff-Quik™) para buscar la presencia de Microfilarias así como el conteo de diferencial leucocitario de manera manual el cual consistió en valorar y contar 100 células nucleadas y así obtener el porcentaje de los diferentes leucocitos.

Para el análisis molecular se obtuvo ADN genómico de las muestras sanguíneas utilizando el kit comercial Quelante Chelex®. Posteriormente se corrió la prueba de PCR utilizaron los primers (5′-GGCGATATACCGCCCTAGTT-3′) y (5′-TACAAAGGGCAGGG ACGTAAT-3′) donde se amplificó fragmentos de las subunidades ribosomales 5.8S-ITS2-28S de diferentes filáridos, llamados como Panfilaria. Se utilizó el siguiente protocolo: amplificación 94°C por 2 min, 35 ciclos de 94°C por 30s, 60°C por 30s y 72°C por 30s; finalizando la última extensión a 72°C por 7 min. La amplificación fue demostrada en gel de agarosa al 1.5%, analizándose en un transiluminador de luz azul (Rishniw et al., 2006)

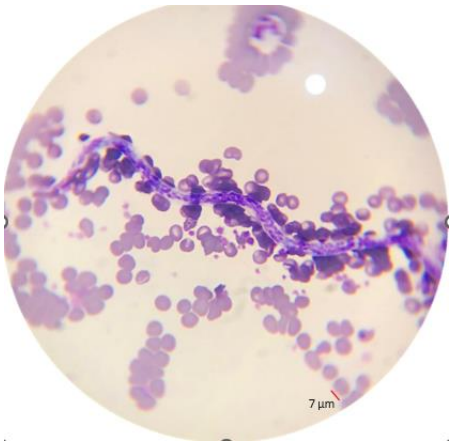
Para evaluar los posibles factores de riesgo se diseñó un cuestionario donde se recabó información sobre las características de los pacientes, así como estilos de vida y método profilácticos de salud. Las variables

colectadas fueron el género, la edad (clasificadas en los siguientes grupos <1año, 1- 5 años, 5-10 años, y >10 años), la raza, (se clasificó de acuerdo con la Federación Cinológica Internacional en 10 grupos raciales incluyendo a los mestizos o raza indefinida). Además, se evaluó la zona de estudio dividiéndola en los tres municipios: Tampico, Madero y Altamira para identificar en cuál se presentó la enfermedad con mayor frecuencia. Asimismo, se evaluó el hábitat de la mascota (vive dentro o fuera de casa o ambos) y por últimos ser evaluó el uso de medicamentos profilácticos (lactonas macrocíclicas u otro tipo de medicamento). Se representaron las frecuencias absolutas y porcentajes de casos positivos y hallazgos hematológicos. El grado de asociación entre la presencia del patógeno y las variables evaluadas se analizaron mediante la prueba de independencia de Chi cuadrada con un nivel de significancia de 0.05; utilizando el programa estadístico MedCalc. V. 7.0.

Resultados:
De 258 perros evaluados por microscopia 92 resultaron positivos a Microfilarias (35%) y en PCR de 243 perros, 100 fueron positivos (41.4%). Con la finalidad de evaluar la concordancia de las pruebas diagnósticas (microscopia y PCR), se empleó la medida estadística de índice de Kappa, dando una concordancia final entre las dos pruebas de 88.4%, este resultado arroja un índice de Kappa de 0.76 (IC 95%, 0.67 a 0.84), el cual es considerado como un grado de acuerdo sustancial o muy bueno entre los dos métodos de diagnóstico. Del total de animales evaluados 144 fueron hembras y 97 machos de los casos positivos a *Dirofilaria immitis*, se encontró un 39.6% para las hembras y un 44.36% para machos. Respecto a la edad los perros más afectados fueron los de 1 a 5 años (44.9%), seguido por el de 5 a 10 años (43.7%). La raza de los pastores fue la más afectada mostrando hasta un 55.5% de presencia del parásito; del mismo modo los perros del grupo de raza indefinida se afectó en un 52.8%. De las características del animal sólo en la raza mostró diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$). Al evaluar si la presencia del parásito tenía relación con alteraciones hematológicas se encontró que la presencia de anemia, leucocitosis, monocitosis y eosinofilia fueron los principales hallazgos significativos asociados a *D. immitis*. El invierno y primavera fueron las estaciones donde se presentó mayor frecuencia del agente. En cuanto a los municipios y sus porcentajes de casos positivos, la mayor presencia de casos fue en el municipio de Altamira (45.3%), siguiendo Tampico con (43.8%) y Cd. Madero siendo la proporción baja (35.3%), a pesar de ello, no se encontraron diferencias significativas ($p> 0.05$). Los animales que utilizaron lactonas macrocíclicas tuvieron un menor porcentaje de infección (30.5%) comparado con quien no las recibieron (47.7%) resultando diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$). En cuanto al hábitat se encontró que los perros que se encontraban en el exterior (patio, jardín), estuvieron expuestos a infectarse reportando un 50.3%; los perros que permanecían dentro y fuera de casa 31% y los que permanecieron sólo en el interior 20.5% concretando en una diferencia estadísticamente significativa ($p<0.05$).



Electroforesis en gel de agarosa, donde se observa DNA de *D. immitis*. **MP**: Marcador de peso molecular 100pb, carril del 1 -11 muestras positivas; **+** control positivo DNA de *D. immitis*; **-** control negativo, agua libre de nucleasas.



Frotis sanguíneo teñido con Diff-Quick, en el cual se observa una larva de microfilaria de *D. immitis* en 100x.

Discusión

Dirofilaria immitis cuenta con una amplia distribución geográfica con mayor prevalencia en zonas cálidas y húmedas, las cuales favorecen el desarrollo de los vectores (Loera Rubio et al., 2024). La zona conurbada de Tampico cuenta con dichas características, registrando en el presente estudio, una frecuencia de 41%100/243) utilizando la técnica de PCR. Esta frecuencia es ligeramente menor comparada con lo reportado en la península de Yucatán (59.8%167/259)(Caro-González et al., 2011). Contrario a esto, en Tabasco se reportó una prevalencia del sólo 8% (84/1050) (Torres-Chable et al., 2018), muy por debajo a lo reportado en el presente trabajo. En este estudio, existió asociación significativa entre la raza, siendo los pastores y mestizos asociados con la infección ($p<0.05$) a diferencia a lo registrado por Caro-González en el 2011 y por Torres-Chable en el 2018. Vivir en el exterior de la vivienda y no utilizar lactonas macrocíclicas se asoció significativamente con la prevalencia de la infección, resultados que coinciden con los de Montoya-Alonso et al., 2020, lo anterior debido a que al estar al aire libre tendrán mayor exposición a la picadura de los mosquitos en especial aquellos perros que no recibieron prevención con macrólidos los cuales controlan las primeras etapas del parásito (Torres-Chable et al., 2018).

Conclusión

La zona conurbada de Tampico actualmente puede considerarse un foco de *D. immitis*, con altos niveles de transmisión entre la población canina local, como lo confirma la alta frecuencia reportada (41.4%) en el presente estudio. La presencia de anemia, leucocitosis, monocitosis y eosinofilia fueron los principales hallazgos significativos asociados a la presencia de este patógeno. En los factores de riesgo evaluados, sólo se encontró que la raza de pastores e indefinida, los que viven en el exterior así como aquellos que no recibieron medicamento preventivo, se afectaron con mayor frecuencia. El invierno y primavera fueron las estaciones donde se presentó con mayor frecuencia la enfermedad.

Referencias bibliográficas

1. Caro-González, J. A., Bolio-Gonzalez, M. E., Escobedo-Ortegó, F. J., Manrique-Saide, P., Ivan Rodriguez-Vivas, R., Carlos Rodriguez-Buenfil, J., & Sauri-Arceo, C. H. (2011). *Prevalence of Dirofilaria immitis Infection in Dogs from Celestun, Mexico, Using Polymerase Chain Reaction Test*. DOI: 10.1089=vbz.2009.0171
2. Loera Rubio, C. M., Flores Huitrón, N. R., Martínez Labat, J. P., Rodríguez Herrejón, F. F., Camacho Coronado, C. R., Acevedo Jiménez, G. E., Escobar Chavarría, O., Ramírez Andoney, V., Vargas Ruíz, A., Marín Ernesto, F., Aranda Barradas, M. E., & Autran Martínez, M. (2024). Comparación de diferentes técnicas de diagnóstico de Dirofilaria immitis en caninos de México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(6), 3618–3632. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15113
3. Rishniw, M., Barr, S. C., Simpson, K. W., Frongillo, M. F., Franz, M., & Dominguez Alpizar, J. L. (2006). Discrimination between six species of canine microfilariae by a single polymerase chain reaction. *Veterinary Parasitology*, *135*(3–4), 303–314. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.10.013
4. Torres-Chable, O. M., Baak-Baak, C. M., Cigarroa-Toledo, N., Blitvich, B. J., Brito-Argaez, L. G., Alvarado-Kantun, Y. N., Zaragoza-Vera, C. V, Arjona-Jimenez, G., Moreno-Perez, L. G., Medina-Perez, P., Machain-Williams, C. I., & Garcia-Rejon, J. E. (2018). *Molecular detection of Dirofilaria immitis in dogs and mosquitoes in Tabasco, Mexico*. DOI: 10.4103/0972-9062.242563

ACTIVIDAD OVICIDA DE UN ÁCIDO FENÓLICO CONTRA UNA CEPA DE *Haemonchus contortus* SUSCEPTIBLE Y UNA RESISTENTE A IVERMECTINA.

Jorge A Cortes-Morales[1], Agustín Olmedo-Juárez[2*], David O Salinas-Sánchez[1], Manases Gonzáles-Cortazar[3], Alejandro Zamilpa-Alvarez[3], María Eugenia López Arellano[2], Pedro Mendoza-de-Gives[2], David E Reyes-Guerrero[2]

[1]Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación-UAEM; [2]CENID SAI-INIFAP; [3]Centro de Investigación Biomédica del Sur-IMSS.

*Autor para correspondencia: olmedo.agustin@inifap.gob.mx

Palabras clave: compuestos fenólicos, resistencia antihelmíntica, lactonas macrocíclicas

Introducción

La producción de ovinos y caprinos tiene gran importancia económica a nivel mundial, principalmente por la producción de carne, leche, lana, piel y sus derivados. En México la producción de carne de ovino aumentó de 22.000 toneladas en 2012 a 67.000 toneladas en 2022, ubicándose en treinta de los 177 países productores de ovinos del mundo (SIAP, 2023). Sin embargo, el principal problema en todas las unidades de producción ovina y caprina en condiciones de pastoreo, para la obtención óptima de productos derivados del ganado ovino es la infección por nematodos gastrointestinales (NGI). *Haemonchus contortus* es el NGI de mayor incidencia a nivel mundial y el que más afecta la salud y el bienestar de los pequeños rumiantes. La enfermedad causada por este nematodo, conocida como hemoncosis, se caracteriza por gastroenteritis hemorrágica, anemia, hipoproteinemia, síndrome de desgaste crónico y muerte súbita (Carson et al., 2023). El principal tratamiento para los NGI utilizado por los ganaderos de ovejas es la administración de fármacos sintéticos como benzimidazoles, lactonas macrocíclicas, imidazotiazoles y salicilanilidas. Sin embargo, el uso inadecuado e indiscriminado de estos antiparasitarios de amplio espectro ha llevado inevitablemente a una resistencia antihelmíntica generalizada (Falzon et al., 2014). Existen informes de cepas de *H. contortus* resistentes a la ivermectina en todo el mundo; desafortunadamente, la posibilidad de sintetizar nuevos fármacos eficaces contra cepas resistentes es limitada y costosa. Por esta razón, se buscan nuevas alternativas para controlar las etapas de vida libre y parasitaria de los NGI, como la selección genética, la rotación de pastizales, el diseño de vacunas, el control biológico (hongos nematófagos) y el uso de metabolitos secundarios de plantas. Se ha documentado que los metabolitos secundarios de plantas no solo presentan importantes actividades biológicas, sino que también mejoran considerablemente la salud y el bienestar de los animales debido a su alta capacidad antioxidante y a su capacidad para funcionar como prebióticos, modulando la composición y la actividad de la microbiota intestinal. Recientemente nuestro grupo de trabajo identificó un ácido fenólico (denominado *AF-3* por protección para el desarrollo de una patente) en una fracción aislada de un extracto de acetato de etilo de partes aéreas de *Chamaecrista nictitans*, la cual mostró alta actividad antihelmíntica contra una cepa de *Haemonchus contortus*. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad ovicida del estándar comercial de *AF-3* contra una cepa de *Haemonchus contortus* resistente y una susceptible al fármaco comercial ivermectina.

Materiales y métodos

El estándar comercial de *AF-3* se adquirió comercialmente de Sigma-Aldrich (Merk, Alemania). Los bioensayos se desarrollaron usando dos cepas de *H. contortus*, una susceptible (cepa INIFAPHcIVMs-SAI, Mexico) y una resistente (cepa INIFAP-HcIVMr-SAI, Mexico) a ivermectina (IVM). Los huevos se recuperaron a partir de heces (30 g) obtenidas directamente del recto de dos ovinos (22 y 19 kg de peso corporal) previamente infectados con 7,700 y 6,600 larvas infectivas de *H. contortus* susceptible (HcIVM-S) y resistente (HcIVM-R) a IVM, respectivamente. Los corderos fueron cuidados siguiendo la Norma Oficial Mexicana de cuidado/bienestar (NOM-062-ZOO-1999), fueron alojados en jaulas elevadizas de forma individual y se alimentaron con heno de alfalfa, alimento concentrado comercial y agua *ad libitum*. La recuperación de huevos se realizó mediante tamices secuenciales según la técnica descrita por Coles et al. (1992) con modificaciones menores.

El ensayo de inhibición de la eclosión de huevos (IEH) se realizó en placas de microtitulación de 96 pozos por triplicado y cuatro repeticiones para cada concentración evaluada (n= 12). El *AF-3* fue evaluado a 31.2,

62.5, 125, 250 µg/mL contra HcIVM-S y a 125, 250, 500 y 1000 µg/mL contra HcIVM-R. Agua destilada y metanol (3%) fueron usados como controles negativos e ivermectina (5000 µg/mL) como control positivo. En cada pozo se colocaron 50 µL de una suspensión acuosa que contenía un promedio de cien huevos de *H. contotus* y 50 µL de cada concentración del *AF-3* o control. Las placas se incubaron a temperatura controlada durante 48 h. El porcentaje IEH se estimó haciendo un conteo de huevos presentes y larvas eclosionadas en un microscopio óptico y calculado mediante la ecuación:

$$\%IEH = \frac{número\ de\ huevos}{número\ de\ larvas\ + número\ de\ huevos} \times 100$$

Los datos de IEH se analizaron mediante un diseño completamente aleatorio usando un ANOVA a través de un modelo lineal general en el programa SAS. Se realizó una prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre tratamiento y controles ($P < 0.05$). Las concentraciones efectivas requeridas para inhibir el 50 y 90% (CE_{50} y CE_{90}) de la eclosión fueron calculados mediante un análisis de regresión usando el programa Proc Probit del SAS 9.0.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra el porcentaje de IEH de las cepas HcIVM-S y HcIVM-R después de 48 h de exposición al estándar comercial *FA-3* y respectivos controles. El estándar comercial *FA-3* mostró un IEH= 97,49% a 250 µg/mL frente a HcIVM-S, y un IEH= 99.8% a 500 µg/mL; es decir, se requiere 2 veces más concentración del *AF-3* para conseguir la misma inhibición contra la cepa resistente respecto de la cepa susceptible. Además, analizando la IEH en ambas cepas a 250 µg/mL de *AF-3*, se puede destacar que el *AF-3* es 1.4 veces más efectivo contra HcIVM-S (97.49%) que contra HcIVM-R (69.86%).

Cuadro 2. Porcentajes de inhibición de la eclosión (% IEH) de huevos del *AF-3* contra dos cepas de *Haemonchus contortus* (susceptible y resistente a IVM) después de un período de incubación de 48 h.

Tratamientos	%IEH ± d.e	Tratamientos	%IEH ± d.e
	HcIVM-S		HcIVM-R
Agua destilada	2.34±1.73^{c}	Agua destilada	1.43±1.58^{d}
Metanol 3%	3.13±1.92^{c}	Metanol 3%	1.35±0.97^{d}
IVM (5000 µg/mL)	99.67±0.51^{a}	IVM (5000 µg/mL)	99.45±0.55^{a}
AF-3 (µg/mL)		*AF-3* (µg/mL)	
250	97.49 ± 1.2^{a}	1000	98.93±0.35^{a}
125	51.17±2.65^{b}	500	99.84±0.19^{a}
62.5	47.45±2.31^{b}	250	69.86±11.12^{b}
31.2	46.19±1.52^{b}	125	13.07±11.16^{c}
Coeficiente de variación	4.5		9.1
R^2	0.99		0.99

^{abcd} medias con distinta letra entre cada columna indican diferencia estadística (P<0.05). d.e= desviación estándar.

Contrario a lo reportado en esta investigación, Frota et al. (2023) evaluaron los compuestos geraniol, citronelol, ácido anacárdico y cinamaldehído contra huevos y larvas de una cepa de *H. contortus* susceptible y resistente a lactonas macrocíclicas. Los autores informan que todos los compuestos inhibieron eficazmente la eclosión de los huevos y el desarrollo larvario tanto contra la cepa susceptible como contra la resistente, sin mostrar diferencias significativas entre ellas, siendo el ácido anacárdico y el cinamaldehído los compuestos con mayor actividad antihelmíntica.

Conclusiones

Esta investigación demuestra que el ácido fenólico *AF-3* inhibe la eclosión de huevos de las cepas de *H. contortus* tanto susceptible como resistente a ivermectina. La cepa de *H. contortus* resistente a la ivermectina requiere una mayor concentración del *AF-3* para causar un efecto letal. Otros estudios son necesarios para determinar si la baja efectividad del *AF-3* sobre la cepa resistente se debe al mismo mecanismo de resistencia a ivermectina en *H. contortus*.

Agradecimientos y fuente financiadora
Este trabajo forma parte del proyecto de posdoctorado del primer autor con numero de CVU 488853 quien agradece a SECIHTI por la beca otorgada. Parte de este trabajo fue financiado por el INIFAP, proyecto SIGI: 9254136498 (Efecto antihelmíntico de tres ácidos fenólicos en combinación con ivermectina sobre una población de *Haemonchus contortus* resistente a este fármaco.

Referencias bibliográficas

1. Carson A, Reichel R, Bell S, Collins R, Smith J, Bartley D, (2023). *Haemonchus contortus*: an overview. Vet. Rec. 192 (1), 26–28.
2. Coles GC, Bauer C, Borgsteede F, Geerts S, et al. (1992). World association for advancement in veterinary parasitology (WAAVP) methods for the detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. Vet. Parasitol. 35–43.
3. Falzon LC, O'Neill TJ, Menzies PI, Peregrine AS, Jones-Bitton A, vanLeeuwen J, Mederos A, (2014). A systematic review and meta-analysis of factors associated with anthelmintic resistance in sheep. Prev. Vet. Med. 117 (2), 388–402.
4. Frota GA, Santos VOD, Rodrigues JFV, Oliveira BR, Albuquerque LB, et al. (2023). Biological activity of cinnamaldehyde, citronellal, geraniol and anacardic acid on *Haemonchus contortus* isolates susceptible and resistant to synthetic anthelmintics. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, 32(2), e006023.
5. SIAP, 2023. Servicio de Información agroalimentaria y pesquera, 2023 Noviembre. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035

EFECTO ANTIHELMÍNTICO DEL ÁCIDO 3,4,5-TRIHIDROXIBENZOICO SOBRE DOS AISLADOS DE *Haemonchus contortus.*

Jesús Velázquez-Antunez[1], Agustín Olmedo-Juárez[2]*, Rolando Rojo-Rubio[1], Francisca Avilés-Nova[1], Pedro Mendoza-de Gives[2], María Eugenia López-Arellano[2], David E. Reyes-Guerrero[2]

[1]Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI-INIFAP)

*Autor para correspondencia: olmedo.agustin@inifap.gob.mx, aolmedoj@gmail.com

Palabras clave. ácido gálico, ivermectina, resistencia antihelmíntica.

Introducción

Los pequeños rumiantes son esenciales en la agricultura de subsistencia por la capacidad de adaptarse a condiciones ambientales difíciles, proporcionando materia prima a las agroindustrias, además, desempeñan funciones socioculturales y monetarias. Sin embargo, los sistemas de producción ovina y caprina en condiciones de pastoreo se enfrentan a dos desafíos principales, tales como la alimentación y enfermedades parasitarias causadas por nematodos gastrointestinales (NGI). Los NGI más frecuentes son *Haemonchus contortus, Trichostrongylus colubriformis*, *Nematodirus* spp., *Oesophagostomum* spp., *Cooperia* spp., *Strongyloides* spp., *Teladorsagia* spp., *Chabertia* spp., *Bunostomum* spp., *Trichuris* spp. *y Dictyocaulus* spp. (López et al., 2013). *Haemonchus contortus* es considerado como el parásito de mayor prevalencia en pequeños rumiantes, el cual se aloja en el abomaso y por sus hábitos hematófagos provoca una enfermedad conocida como haemoncosis. Actualmente la principal estrategia de control de esos NGI incluyendo a *H. contortus* es mediante el uso de antihelmínticos comerciales tales como bencimidazoles (Albendazol), imidazotiazoles (Levamizol) y lactonas macrocíclicas (Ivermectina). Desafortunadamente, el uso incorrecto de estos fármacos ha desencadenado problemas de resistencia antihelmíntica múltiple. Se ha comprobado que *H. contortus* ha desarrollado mecanismos de resistencia hacia ivermectina (Mondragón et al, 2019). En este contexto, surge la necesidad de buscar otras estrategias de control de NGI, tales como el uso de plantas con propiedades antihelmínticas y nutraceúticas ricas en compuestos secundarios como: el ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico (ácido gálico), naringenina, ácido cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico y otros ácidos hidroxicinámicos (Cortes et al., 2024). El ácido gálico es un compuesto que se encuentra presente en muchas plantas entre ellas las pertenecientes a la familia Fabaceae, al cual se le han atribuido propiedades antioxidantes, anticáncer y antihelmínticas. Por ejemplo, García-Hernández et al. (2019) reportaron efecto ovicida de ácido gálico obtenido de *Caesalpinia coriaria* y de forma comercial sobre una cepa mixta de NGI. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto antihelmíntico del ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico sobre dos aislados de *H. contortus*.

Materiales y métodos

Obtención del ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico. El ácido gálico fue adquirido de forma comercial en la empresa Sigma-Aldrich, CAS No. 149-91-7 (St Louis, MO, Estados Unidos).

Material biológico. Dos aislados de *H. contortus* fueron usados en el presente estudio, una cepa resistente (INIFAP-HclVMs-Rt) y una susceptible (INIFAP-HclVMs-Sc) a ivermectina. Dos ovinos de tres meses de edad con un peso de 20±2.5 kg de peso vivo, fueron infectados de manera individual con cada cepa a una dosis de 7000 larvas infectantes. Los huevos de cada cepa de *H. contortus* fueron obtenidos por medio de las heces colectadas vía rectal de cada ovino, siendo separados de las heces por gradientes de densidad por medio de una solución salina saturada al 40% y tamices de 75 y 32 µm de diámetro. En seguida fueron lavados tres veces con agua destilada en la centrifugadora a 1500 rpm durante 5 min. Finalmente, los huevos fueron suspendidos en agua destilada en un tubo falcón obteniendo una suspensión acuosa de 100±15 huevos.

Prueba de inhibición de la eclosión de huevos (IEH). La actividad ovicida del ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico sobre la cepa resistente y susceptible a ivermectina se realizó en placas de micro titulación de 96 pozos considerando tres replicas con cuatro repeticiones (n=12). El ácido gálico se evaluó a 1000, 500, 250, 125, 62.5, 31.5, 15.6 y 7.8 µg/mL, tanto para la cepa resistente y susceptible a ivermectina. Se utilizó agua destilada como control negativo e ivermectina comercial (625 µg/mL) como control positivo. En cada pozo se depositó 50 µL de cada concentración del ácido gálico y/o controles, en seguida se agregó una

suspensión acuosa de 50 µL conteniendo 100±15 huevos de *H. contortus* (cepa resistente y susceptible a ivermectina, según correspondiera). Las placas fueron incubadas a temperatura de laboratorio (28-30 °C) durante 48 h. En cada pozo se realizó el conteo total de huevos para determinar el porcentaje de IEH mediante la siguiente formula:

%IEHL=[(número de huevos)/(número de huevos+número de larvas)] x 100

Análisis estadístico. Los porcentajes de IEH fueron analizados mediante un ANOVA usando el procedimiento lineal general del SAS. La comparación de medias entre tratamientos se realizó mediante la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%.

Resultados y discusión

Los porcentajes de IEH del ácido gálico sobre ambas cepas de *H. contortus* se muestran en el cuadro 1. En ambas cepas se observa un efecto dependiente de la concentración de dicho compuesto fenólico. A partir de 62.5 µg/mL de ácido gálico, se logró un efecto ovicida arriba del 90% sobre ambas cepas del parásito. Al analizar las concentraciones evaluadas, se requiere mayor cantidad del compuesto sobre la cepa HcIVMs en comparación a la cepa HcIVMr. Sin embargo, la ivermectina a 625 µg/mL mostró un 80.55 %IEH para la cepa susceptible y 37.05% IEH para la cepa resistente. No obstante, cuando los huevos de ambas cepas fueron expuestos a la máxima concentración del ácido gálico (1000 µg/mL), se obtuvo 100% de efecto ovicida. Resultados similares a los obtenidos por García-Hernández et al. (2019), quienes evaluaron ácido gálico (a 1000 µg/mL) obtenido de frutos de *Caesalpinia coriaria* y de forma comercial sobre una cepa mixta de NGI tales como *Haemonchus* spp., *Ostertagia* ssp., *Trichostrongylus* spp. y *Oesophagostomum* spp.

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de *Haemonchus contortus* resistente y susceptible a ivermectina expuestos al ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico.

Tratamientos	Concentración (µg/mL)	%IEH ± d.e	
		HcIVMs (cepa susceptible)	HcIVMr (cepa resistente)
Agua destilada		2.64 ± 1.56 ^{e}	7.10 ± 7.41 ^{e}
Ivermectina	625	80.55 ± 14.05 ^{bc}	37.05 ± 18.45 ^{d}
Ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico	7.8	n.e.	33.54 ± 14.81 ^{d}
	15.6	41.56 ± 8.17 ^{d}	71.03 ± 12.22 ^{c}
	31.2	83.23 ± 15.26 ^{ab}	98.66 ± 1.01 ^{a}
	62.5	93.52 ± 7.34 ^{ab}	99.51 ± 0.54 ^{a}
	125	96.58 ± 3.79 ^{ab}	99.87 ± 0.36 ^{a}
	250	98.79 ± 2.43 ^{a}	99.90 ± 0.26 ^{a}
	500	100 ^{a}	99.89 ± 0.30 ^{a}
	1000	100 ^{a}	100 ^{a}
Valor de P (cepa*concentración)			<0.0001
R^2			0.97
Coeficiente de variación			8.54

^{abcde}Medias con distinta letra indican diferencias estadísticas, P<0.05. n.e= no evaluada

Conclusiones

Los hallazgos encontrados en el presente estudio demuestran que el ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico inhibe la eclosión de huevos en ambos aislados de *H. contortus*. Lo que sugiere que este ácido fenólico podría ser un candidato potencial para el control de las nematodiasis del ganado.

.

Agradecimientos
Se gradece al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad por brindar todas las facilidades para llevar a cabo la presente investigación. Se agradece al SECIHTI por otorgar la beca de doctorado al M. en C. Jesús Velázquez Antúnez, con numero de CVU: 1037950.

Fuente financiadora
Parte de este trabajo fue financiado por el INIFAP, proyecto SIGI: 9254136498 “Efecto antihelmíntico de tres ácidos fenólicos en combinación con ivermectina sobre una población de *Haemonchus contortus* resistente a este fármaco”.

Referencias bibliográficas

1. Cortes-Morales JA, Salinas-Sánchez DO, de Jesús Perea-Flores M, González-Cortazar M, Tapia-Maruri D, López-Arellano ME, Rivas-González JM, Zamilpa A, Olmedo-Juárez A, (2024). *In vitro* anthelmintic activity and colocalization analysis of hydroxycinnamic acids obtained from *Chamaecrista nictitans* against two *Haemonchus contortus* isolates. Vet Parasitol, 331, 110282. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2024.110282
2. García-Hernández C, Rojo-Rubio R, Olmedo-Juárez A, Zamilpa A, De Gives PM, Antonio-Romo I, Aguilar-Marcelino L, Arece-García J, Tapia-Maruri D, González-Cortazar M, (2019). Galloyl derivatives from *Caesalpinia coriaria* exhibit *in vitro* ovicidal activity against cattle gastrointestinal parasitic nematodes. Exp Parasitol 200, 16-23. https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.03.012
3. López ROA, González GR, Osorio AMM, Aranda IA, Díaz RP, (2013). Cargas y especies prevalentes de nematodos gastrointestinales en ovinos de pelo destinados al abasto. Rev Mex Cienc Pecu 4, 223-234.
4. Mondragón AJ, Olmedo JA, Reyes GDE, Ramírez VG, Ariza RAE, López AME. et al. (2019). Detection of gastrointestinal nematode populations resistant to albendazole and ivermectin in sheep. Animals 9(10), 775. https://doi.org/10.3390/ani9100775

CULTIVO *in vitro* DEL NEMATODO *Cooperia punctata* PARA EL ESTUDIO DE PROTEÍNAS DE EXCRECIÓN Y SECRECIÓN.

Génesis Andrea Bautista-García[1], María Eugenia López-Arellano[2]*, Rosa Isabel Higuera-Piedrahita[3], Miguel Ángel Alonso-Díaz[4], María Sol Arias-Vázquez[5]

[1]FMVZ-UNAM, [2]CENID-SAI, INIFAP, [3]FESC-UNAM, [4]C.E.I.E.G.T.-UNAM, [5]Facultad de veterinaria-USC

*Autor para correspondencia: lopez.mariaeugenia@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Cooperia punctata,* cultivo *in vitro,* proteínas de excreción y secreción

Introducción

Las parasitosis internas causadas por nematodos en bovinos productores de carne y leche, afectan la salud de los animales y la producción pecuaria a nivel mundial. El tratamiento más utilizado para el control de estos nematodos gastrointestinales tiene como base el uso de antihelmínticos. Sin embargo, el uso indiscriminado de diferentes familias de estos fármacos ha llevado al desarrollo de resistencia en los nematodos parásitos (Claerebout et al., 2020). Por ello, se han propuesto métodos alternativos para el control de estos parásitos, incluyendo la búsqueda de candidatos vacúnales que sean inmunogénicos e inmunoprotectores, utilizando antígenos intestinales y somáticos, generalmente, productos de excreción y secreción (E/S) (Camas-Pereyra et al., 2024). Las vacunas se consideran una opción favorable, debido a la protección duradera que pueden proporcionar y a que no generan residuos químicos en los productos animales y el medio ambiente. Es importante considerar, que los nematodos dañan la mucosa del tracto gastrointestinal, provocando inflamación, inmunosupresión y por lo tanto el desarrollo de enfermedades de tipo crónico que facilitan el ingreso de otros patógenos. Asímismo, la producción ganadera en regiones de clima templado y tropical es la más afectada debido a que son el hábitat ideal para el desarrollo y la alta prevalencia, mayor al 80%, de nematodos parásitos altamente patógenos como *Trichostrongylus*, ***Cooperia****, Ostertagia*, *Nematodirus,* ***Haemonchus*** y *Oesophagostomum*. Debido al problema que representan las nematodosis en rumiantes en pastoreo, el presente estudio tiene como objetivo principal contribuir al conocimiento de vacunas con base en la relación hospedero-nematodo, tomando como modelo biológico al nematodo de mayor prevalencia en bovinos, la especie *Cooperia punctata*, con el fin de identificar proteínas o moléculas con potencial inmunoprotector.

Materiales y métodos

Material Biológico: La obtención de larvas L_3 de *C. punctata* se realizó a partir de muestras de heces de bovinos infectados en la C.E.I.E.G.T.-UNAM en Tlapacoyan, Veracruz. Los animales fueron monitoreados por la técnica de McMaster para evaluar el nivel de infección. Posteriormente, se colectarón muestras positivas a nematodos directamente del recto de los animal y se procesaron para la obtenión de estadios infectivos (L_3) por la técnica de Corticelli y Lai (1963) en un periodo comprendido entre 7-14 días. Finalizado este periodo, la obtención de L_3 se realizó con la técnica de Baermann y las L_3 fueron almacenadas en cajas de cultivo de 25 cm^3 a 4°C hasta su uso.

Genotipificación: Para confirmar el porcentaje y género *Cooperia* sobre otros nematodos causales de parasitosis gastrointestinales, se utilizaron oligonucleótidos que amplifican en las regiones ribosomales conservadas: espaciador interno de transcripción (ITS-1) en *Ostertagia*, el espaciador externo de transcripción (ETS) en *Haemonchus* y *Cooperia*, el segundo espaciador interno de transcripción (ITS-2) de *Trichostrongylus* y la región 3' del ITS-1 a través del extremo 5' del ITS-2 de *Oesophagostomum* (Solis-Camacho et al., 2025).

Obtención e identificación de antígenos de excreción y secreción: Se llevó a cabo el cultivo *in vitro* para la obtención de ESP y el desarrollo de L_3 a xL_3 (larva de transición) en medio Hank's (Gibco, Invitrogen; Carlsbad, CA, USA) suplementado con antibiótico-antimicótico y anfotericina B, e incubado a 37°C con 5% de CO_2 por 14 días (Maza-Lopez et al, 2021). Previamente se incubarón L_3 de *C. punctata* sin vaina con solución salina amortiguadora de fosfatos (PBS pH 7.2) suplementado con antibiótico-antimicótico 100X, 2 horas a 37°C en agitación lenta, para eliminar contaminación.

Los ESP colectados *in vitro* fueron confirmados a través de métodos electroforéticos mediante la preparación de geles de poliacrilamida SDS-PAGE al 12% y 5%, para visualizar las bandas y determinar el

peso molecular se usó Coomassie Brillant Blue G (Sigma Aldrich, USA) como colorante mostrando bandas teñidas sobre el fondo claro del gel.

Resultados y discusión

Muestras positivas de becerros de tres meses de edad fueron colectadas en el mes de mayo del presente para la obtención estadios infectivos (L_3) por coprocultivos e identificación de los géneros presentes, así como para determinar la proporción de los mismos por la técnica de PCR tiempo real (qPCR). Los resultados obtenidos confirman que **93.22**% corresponde a la especie *Cooperia punctata*, seguido del 2.4%, 3.57% y 0.84% para los géneros *Trichostrongylus*, *Oesophagostomum* y *Haemonchus*, respectivamente (Figura 1). Así mismo, se realizaron cultivos *in vitro* con larvas L_3 en medio Hank´s para la obtención de larvas xL_3 y productos de excreción y secreción de *Cooperia* sp para su posterior análisis como posibles agentes inmunizantes (Figura 2), confirmando un producto de ~14kDa en los primeros 7 días..

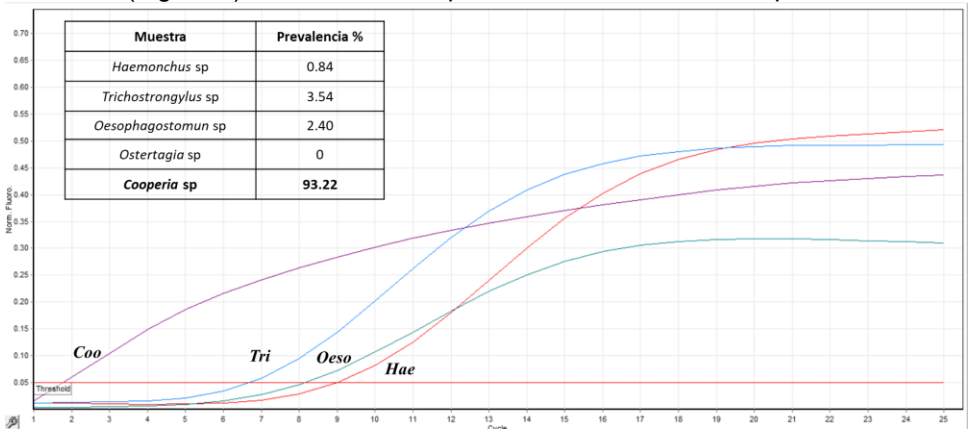


Figura 5 PCR en tiempo real de la proporción de nematodos gastrointestinales en muestras de becerros del C.E.I.E.G.T.-UNAM

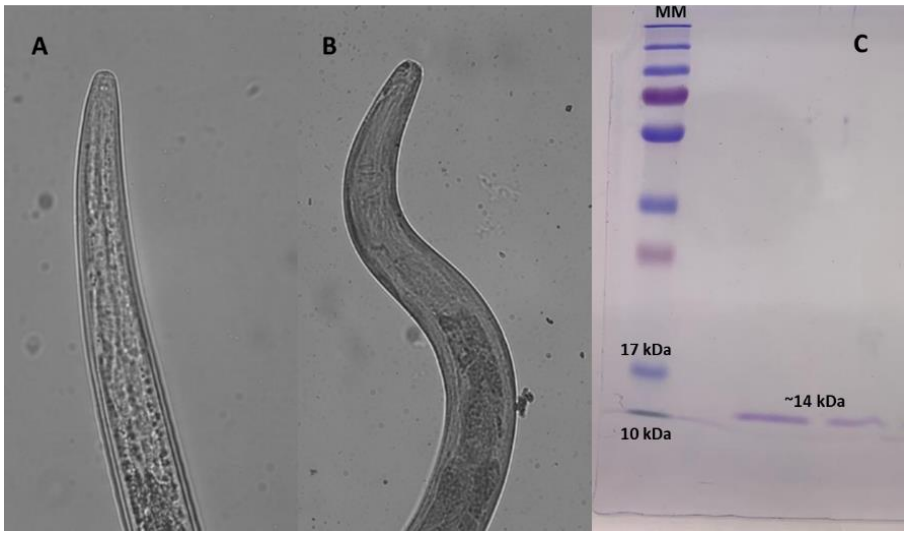


Figura 6 Cultivo *in vitro* para la obtención de larvas xL3 y productos de excreción y secreción de *Cooperia punctata.* A) Larva tres (L_3) de *Cooperia punctata*. B) Larva de transición (xL3) a los 14 días de cultivo *in vitro.* C) Gel de poliacrilamida con sodio dodecilsulfato (SDS-PAGE) mostrando productos de excreción y secreción de ~14kDa.

Conclusión

Se concluye mayor prevalencia de *C. punctata* en becerros durante el mes de mayo con clima sub-húmedo, así como la implementación del cultivo *in vitro* de *C. punctata*, lo que permitió contar con la sobrevivencia de larvas por periodos extendidos para obtención proteínas de excreción y secreción para su estudio como posibles agentes inmunizantes

.

Agradecimientos
A SECIHTI por la beca otorgada durante los estudios de doctorado, con CVU 1014987 y a la UNAM por la oportunidad.

Fuente financiadora
Proyecto CONAHCYT, Frontera de la Ciencia, convenio número C-458/2023, el cual inicio con recursos en 2023

Referencias bibliográficas

1. Claerebout, E., & Geldhof, P. (2020). Helminth vaccines in ruminants: from development to application. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, *36*(1), 159-171.
2. Camas-Pereyra, R., Bautista-García, G. A., Pérez-Anzúrez, G., Duran-Cortes, Z. C., Reyes-Guerrero, D. E., Maza-Lopez, J., ... & López-Arellano, M. E. (2024). Excreted/Secreted 15-kDa Proteins and Serine Protease Peptides from *Haemonchus contortus* Act as Immune-Response Enhancers in Lambs. *Pathogens*, *13*(7), 604.
3. Maza-Lopez, J., Contreras-Ochoa, C. O., Reyes-Guerrero, D. E., Encarnación-Guevara, S., Hernández-Ortíz, M., Olmedo-Juárez, A., & López-Arellano, M. E. (2021). Analysis of the immunomodulatory activity of excreted and secreted products from *Haemonchus placei* transition infective larvae (xL3). *Veterinary Parasitology*, 298, 109512
4. Solis-Carrasco, J.D., Castro-del-Campo, N, Enríquez-Verdugo, I., Rodríguez-Gaxiola, M.A., Reyes-Guerrero, D.E., Pérez-Anzures, G., Barraza-Tizoc, C.L., Gaxiola-Camacho, López-Arellano, M.E., (2025). Albendazole resistance in naturally infected sheep with gastrointestinal nematodes in two northwest municipalities of Sinaloa, Mexico. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 59,101223.

.

RESISTENCIA A IXODICIDAS EN GARRAPATAS *Rhipicephalus microplus* EN BOVINOS DE LA HUASTECA POTOSINA.

René Camas-Pereyra[1], Rodolfo Lagunes-Quintanilla[1]*, Tomás Castillo-Lucero[2], Gilberto Ballesteros-Rodea[2], David. E. Reyes Guerrero[1], Isla-Diane Ponce-Ponce[2], Daira Citlalli Medina-Santiago[2], Daniela Yaxha Juarez-Peña[2]

[1]CENID-SAI, INIFAP [2]FMVZ-Universidad Autónoma de San Luis Potosí

*Autor para correspondencia: lagunes.rodolfo@inifap.gob.mx

Palabras clave. garrapatas, ixodicidas, resistencia

Introducción.

En la actualidad, la industria ganadera se ve amenazada por las infestaciones de la garrapata del ganado bovino *Rhipicephalus microplus*, la cual se distribuye en regiones tropicales y subtropicales y genera grandes pérdidas económicas, mortalidad de los animales, reducción en los niveles de producción, alteraciones reproductivas, altos costos de control y la transmisión de diversos agentes patógenos como bacterias, rickettsias y protozoos (Almazán et al., 2010; Rodriguez-Valle et al., 2015). En México, el control químico a base de organofosforados (OF), piretroides sintéticos (PS) y amitraz (Am), constituyen la estrategia de control más recurrente (Rodríguez-Vivas et al., 2014). Sin embargo, el uso indiscriminado y excesivo de estos productos ha desarrollado resistencia a la mayoría de los ixodicidas disponibles en el mercado (Alonso et al., 2006). En este contexto, la mayor parte de los productores reportan fallas en los ixodicidas de forma empírica, sin considerar un análisis previo de susceptibilidad a las familias de garrapaticidas más utilizados. Actualmente, se ha planteado que el control integrado de garrapatas muestra ser la estrategia más prometedora para la reducción de las poblaciones de garrapatas *R. microplus*, por lo que implementar diagnósticos de susceptibilidad a ixodicidas se vuelve indispensable para elegir las alternativas de control más viables en las unidades de producción problema. Esto es de gran importancia en estados como San Luis Potosí, que actualmente cuenta con una extensión territorial que comparte zonas de control y libres de garrapata *R. microplus.* Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico de resistencia a ixodicidas en garrapatas *R. microplus* colectadas de bovinos pertenecientes a unidades de producción pecuarias ubicadas en la huasteca potosina.

Materiales y métodos

Localización

El estudio fue realizado en unidades de producción de bovinos de carne y de doble propósito, localizadas en los municipios de Xilitla y Axtla de Terrazas de la zona huasteca del estado de San Luis Potosí. Los criterios de inclusión fueron hatos de un mínimo de 20 bovinos de cualquier edad sin historial de tratamiento con ixodicidas, al menos por 45 días previos al muestreo. Además, se realizaron encuestas para el análisis de los factores predisponentes relacionados con la presencia de problemas de garrapatas y fallas en los ixodicidas.

Colecta de garrapatas

Se colectaron garrapatas repletas y semirepletas para determinar la susceptibilidad a los diferentes ixodicidas comerciales que se utilizan para el control químico de las garrapatas. Cada animal fue inmovilizado por sujeción y se inspeccionó para la colecta de especímenes. Las garrapatas hembra repletas (>4mm) fueron depositadas en contenedores de plástico con algodón húmedo en el fondo y se enviaron al laboratorio de Artropodología del CENID-SAI, INIFAP para su identificación taxónomica y evaluación toxicológica.

Diagnóstico de resistencia

Las hembras colectadas fueron incubadas en condiciones de humedad (80%) y temperatura controladas (±28°C), para permitir la oviposición y eclosión. Posteriormente, las larvas de aproximadamente 15 días de vida fueron evaluadas toxicológicamente.

El análisis toxicológico de cada una de las muestras obtenidas fue llevado a cabo por el bioensayo de paquete de larvas en las instalaciones del CENID-SAI, INIFAP utilizando los químicos grado reactivo, los cuales incluyen tres fosforados, tres piretroides, una amidina y el fipronil. Se impregnó papel Whatman del No. 1 de 8.5x7.5 cm con las dosis discriminantes para cada uno de los pesticidas disueltos en aceite-

tricloroetileno (2:1 v/v) y se dejaron secar al aire libre para posteriormente colocar 100 larvas aproximadamente dentro del paquete de papel y se incubaron a 28°C y 80% de humedad relativa por 24 horas. Al día siguiente, la mortalidad larval fue cuantificada. Como grupo control se utilizarán larvas incubadas en un paquete, el cual contendrá el papel filtro impregnado solo con el solvente (aceite tricloroetileno 2:1 v/v). Cada tratamiento se ajustó según la mortalidad no específica entre los controles no tratados utilizando la fórmula de Abbott (Abbott, 1925). Se utilizó estadística descriptiva para la presentación de las mortalidades obtenidas.

Resultados

Los resultados cualitativos correspondientes a la mortalidad larvaria obtenida de las técnicas Stone & Haydoc y Shaw mostró que, del promedio de las 10 unidades de producción pecuaria muestreadas, la mayor parte de poblaciones fue resistente a amidinas (8% de susceptibilidad), diazinon (7.96%) y piretroides (≤ 25%) (Fig. 1). Esto fue consistente con la información registrada mediante las encuestas realizadas a los productores, donde los ixodicidas más utilizados en dichos hatos son deltametrina, flumetrina, cipermetrina y amitraz, tanto en aplicación pour on como por aspersión.

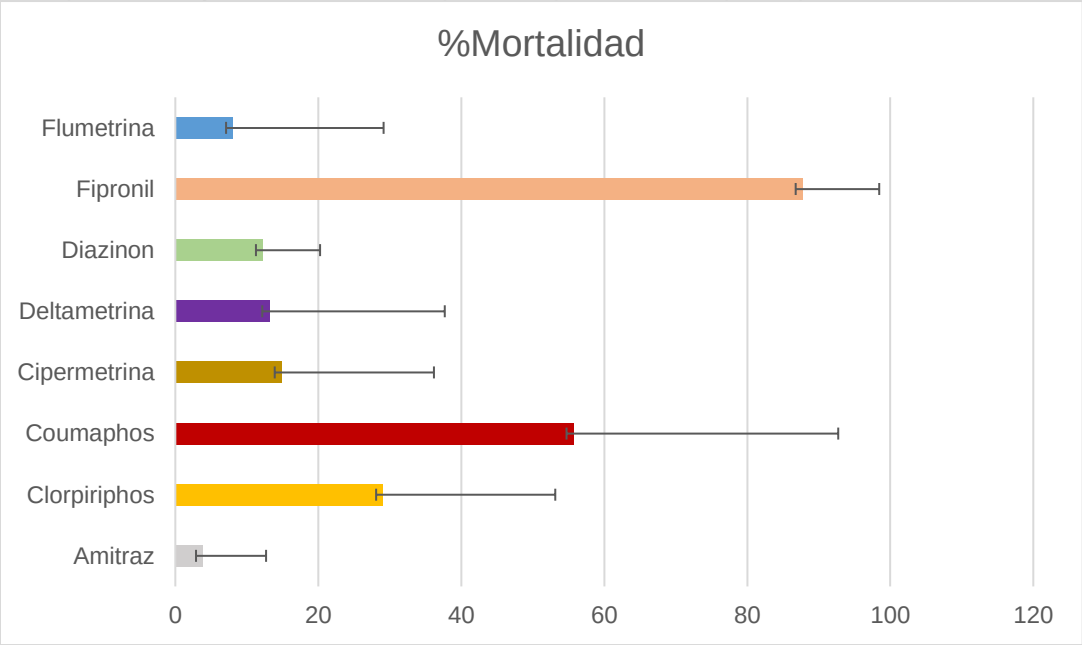


Figura 1. Mortalidad de larvas de *Rhipicephalus microplus* en 10 unidades de producción de la Huasteca en San Luis Potosí.

Por otro lado, se puede observar que las susceptibilidades más altas se registraron con ixodicidas como el fipronil como el coumaphos; este último, no tan consistente en la mayoría de unidades de producción muestreadas (55.71 ± 37). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Rodríguez-Vivas et al. (2021).

Conclusiones

Las poblaciones de *R. microplus* de unidades de producción bovina de la Huasteca presentan un fenotipo de resistencia para al menos 2 familias de ixodicidas recurrentes en el mercado. Estos hallazgos pueden permitir la implementación de estrategias de control integrado de garrapatas específicos para las unidades de producción cooperantes.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el proyecto “Diseño de programas integrados de control de garrapatas en ganado bovino del estado de San Luis Potosí” en colaboración la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2023-01. Proyectos de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación, del Fideicomiso 23871 Multas Electorales.

.

Referencias bibliográficas

1. Almazán C, Lagunes R, Villar M, Canales M, Rosario-Cruz R, Jongejan F, de la Fuente J. Identification and characterization of Rhipicephalus (Boophilus) microplus candidate protective antigens for the control of cattle tick infestations. Parasitol Res. 2010;106:471–479. doi: 10.1007/s00436-009-1689-1.
2. Alonso-Díaz M.A., Rodríguez-Vivas R.I,, Fragoso-Sánchez, H., Rosario-Cruz,R. (2006). Ixodicide resistance of the Boophilus microplus tick to ixodicides. Archivos Medicina Veterinaria 38, 105-113.
3. Rodriguez-Vivas RI, España ER, Blanco IL, Ojeda-Chi MM, Trinidad-Martinez I, Islas JAT, Bhushan C. Monitoring the resistance of Rhipicephalus microplus to amitraz, flumethrin, coumaphos, and ivermectin on cattle farms in Mexico. Vet Parasitol Reg Stud Reports. 2021 Dec;26:100644. doi: 10.1016/j.vprsr.2021.100644. Epub 2021 Sep 21. PMID: 34879955.
4. Rodriguez-Valle M, Xu T, Kurscheid S, Lew-Tabor AE. 2015. Rhipicephalus microplus serine protease inhibitor family: annotation, expression and functional characterisation assessment. Parasit Vectors; 8:7.
5. Rodríguez-Vivas, R., Rosado-Aguilar, A., Ojeda-Chi, M., Pérez, L., Trinidad-Martínez, I. y Bolio-González, M. (2014). Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 1(3): 295–308.

IDENTIFICACIÓN, SUSCEPTIBILIDAD ANTIMICROBIANA Y FORMACIÓN DE BIOFILM DE AISLAMIENTOS DE *GALLIBACTERIUM ANATIS* OBTENIDOS DE AVES DE COMBATE DE GUERRERO, MÉXICO.

Luna Castrejón LP [1], Limón- González MM[1*] Castrejón-Valdez MP[2], Morales-Erasto V[1]

[1] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, 04510, México.
[2] Unidad de Producción Luna´s Farm, Mochitlán, Guerrero, 39232, México.

*Autor para correspondencia: mwmagda@hotmail.com

Palabras clave: *Gallibacterium anatis*, biofilm, resistencia antimicrobiana

Introducción

En la producción avícola, las enfermedades respiratorias son importantes debido al impacto económico que se genera por la disminución de los parámetros productivos en las aves comerciales. Particularmente, se conoce poco acerca de las bacterias que causan enfermedades en el tracto respiratorio de las aves de combate por lo que, la identificación precisa de estas es fundamental para establecer estrategias de control y prevención efectivas. Actualmente, la espectrometría de masas de tiempo de vuelo con desorción/ionización láser asistida por matriz (MALDI-TOF MS) ha surgido como una herramienta poderosa para optimizar la identificación de microrganismos bacterianos, específicamente, *Gallibacterium anatis* (*G*. *anatis*) se considera parte de la microbiota de los tractos genital inferior, digestivo terminal y respiratorio superior que es capaz de colonizar sin causar signos clínicos en las aves.Sin embargo, el estrés, el estado inmunitario, la edad y las hormonas tienden a desempeñar un papel significativo para que *G*. *anatis* genere enfermedad (Narasinakuppe *et al*., 2020). De igual manera, esta bacteria, tiene varios factores de virulencia que están implicados en la colonización e invasión del epitelio traqueal, los tejidos orofaríngeos y los oviductos. Particularmente, la capacidad de formar biofilm es crucial para la cronicidad, duración de las infecciones y una mayor resistencia a los antimicrobianos (Mathur *et al*., 2006).

Objetivo

Realizar la identificación de aislamientos bacterianos por MS, determinar la susceptibilidad antimicrobiana y la capacidad de formar biofilm de aislamientos de *G*. *anatis* obtenidos de aves de combate de Guerrero, México.

Materiales y métodos

Se tomaron muestras a partir de la cavidad oral de aves de combate de Guerrero, México, estas fueron sembradas en placa de agar sangre de bovino al 6 % y se incubaron a 37 °C durante 24 h en microaerobiosis (Bojesen *et al*., 2007). A partir de las colonias bacterianas del cultivo primario se obtuvieron 23 aislamientos de los cuales, 11 fueron de gallos y 12 de gallinas. Además, se realizaron pruebas de oxidasa, catalasa y tinción de Gram para observar la morfología de las colonias bacterianas. Posteriormente, se realizó la identificación de las bacterias mediante MALDI-TOF MS siguiendo las especificaciones del fabricante (Park *et al*., 2021). Los aislamientos que pertenecieron al género *Gallibacterium* fueron identificados como *G*. *anatis* mediante la PCR específica de especie en la cual, se utilizaron los cebadores 1133fgal (5′-TATTCTTTGTTACCARCGG) y 114r (5′-GGTTTCCCCATTCGG) para la amplificación de un producto de 790 pb y 1080 pb que corresponde a las regiones del gen 16S rRNA y 23S rRNA (Bojesen *et al*., 2007). Para la visualización de los productos de la PCR se utilizó un transluminador UV. Asimismo, la determinación de la susceptibilidad antimicrobiana se realizó mediante el método de difusión en disco utilizando los siguientes antimicrobianos Gentamicina (10 µg), Neomicina (30 µg), Ampicilina (10 µg), Enrofloxacina (5 µg), Eritromicina (15 µg), Tilmicosina (15 µg), Sulfametoxazol / trimetoprima (25 µg), Oxitetraciclina (30 µg), Oxitetraciclina (30 µg), Tetraciclina (30 µg) y para la interpretación de los resultados se realizó mediante las directrices del CLSI (Laboratorio Internacional de Referencia: National Committe for Clinical Laboratory Standards) (VET01S) (Lubbers *et al*., 2018). Finalmente, se evaluó la capacidad de formar biofilm de los 5 aislamientos en agar rojo Congo y se utilizó como control la cepa de *Staphylococcus aureus*, para la interpretación de los resultados se observó el

crecimiento de colonias negras brillantes lo cual, confirma la positividad de los aislamientos que tienen la capacidad de formar biofiml (Mathur *et al*., 2006).

Cuadro 1. Susceptibilidad antimicrobiana y formación de biofilm de aislamientos de *G. anatis* obtenidos de aves de combate
F: formador de biofilm, **R:** resistencia, **S:** sensibilidad

Antimicrobiano	Clase de antimicrobiano	Código	Diámetro de la zona de inhibición (mm)	Aislamientos				
			R I S	G2-1	G6-1	G10-3	Ga3-1	Ga7-2
Gentamicina (10 µg)	Aminoglucósidos	CN	< 13-14 >	S	S	S	S	S
Neomicina (30 µg)	Aminoglucósidos	N	< 13-16 >	S	S	S	S	S
Ampicilina (10 µg)	Betalactámicos	AMP	< 19-21 >	S	S	R	S	S
Enrofloxacina (5 µg)	Fluoroquinolonas	ENR	< 17-21 >	R	R	R	R	R
Eritromicina (15 µg)	Macrólidos	E	< 14-22 >	R	R	R	R	R
Tilmicosina (15 µg)	Macrólidos	TIL	< 14-17 >	R	R	R	R	R
Sulfametoxazol / trimetoprima (25 µg)	Sulfonamidas	STX	< 11-15 >	R	R	R	R	R
Oxitetraciclina (30 µg)	Tetraciclinas	OT	< 26-28 >	R	R	R	R	R
Tetraciclina (30 µg)	Tetraciclinas	TE	< 26-28 >	R	R	R	R	R
Patrón de multirresistencia				1	1	2	1	1
Formación de Biofilm				F	F	F	F	F

Resultados y discusión
En este estudio se realizó la identificación de 23 aislamientos bacterianos mediante MALDI-TOF MS. 2 aislamientos fueron identificados como *Enterococcus sp*, 6 aislamientos como *Escherichia coli*, 3 aislamientos como *Acinetobacter sp*, 2 aislamientos como *Enterobacter sp*, 5 aislamientos como *Gallibacterium sp*, 1 aislamiento como *Leclercia adecarboxylata*, 1 aislamiento como *Rothia nasimurium* y 1 aislamiento como *Psychrobacillus lasiicapitis* los cuales, son consideradas como parte de la microbiota normal, patógenos oportunistas y bacterias ambientales que son resistentes a varios antibióticos (Narasinakuppe *et al*., 2020). Particularmente, los aislamientos que pertenecieron al género *Gallibacterium* en la identificación por MALDI-TOF MS, fueron identificados como *G. anatis* mediante la PCR- específica de especie, por lo que este es el primer reporte de *G. anatis* obtenido del tracto respiratorio de aves de combate de Guerrero, México. A pesar de que las aves no presentaron sinología aparente asociada a enfermedad respiratoria, la patogenicidad de *G. anatis* puede variar dependiendo de la cepa involucrada, la exposición al estrés y el estado inmunitario (Narasinakuppe *et al*., 2020). Además, los aislamientos de *G. anatis* tuvieron la capacidad de formar biofilm, aunado a ello, la prueba de susceptibilidad antimicrobiana reveló que los 5 aislamientos fueron resistentes a enrofloxacina, eritromicina, tilmicocina, sulfametoxazol/ trimetoprima, oxitetraciclina, tetraciclina y 1 fue resistente a la ampicilina, asimismo, la resistencia antimicrobiana se agrupo en patrones de resistencia diferentes (1 y 2), (**Cuadro 1**), lo anterior, demostró que esto podría relacionarse con aislamientos que tienen la capacidad de producir infecciones persistentes,

crónicas y que muestran mayor resistencia a los antimicrobianos (Mathur *et al*., 2006). Por otra parte, los aislamientos mostraron sensibilidad a gentamicina, neomicina y 4 fueron sensibles a la ampicilina, lo cual, coincide con otros reportes donde han informado que aislamientos de *G*. *anatis* son sensibles a estos antimicrobianos (**Cuadro 1**), (Narasinakuppe *et al*., 2020). La importancia de conocer a qué antimicrobianos son sensibles los aislamientos es crucial para un tratamiento eficaz y ayudar a mitigar los signos clínicos en caso de que *G*. *anatis* genere enfermedad en las aves de combate.

Conclusiones

Este estudio permitió la identificación de diferentes géneros bacterianos mediante MS asociados con la microbiota normal, patógenos oportunistas del tracto respiratorio de las aves de combate, las cuales muestran resistencia a diferentes los antimicrobianos. Particularmente, *G*. *anatis* es considerada como parte de la microbiota normal del tracto respiratorio superior de las aves, pero también bajo ciertas condiciones relacionadas con el hospedero y el aislamiento bacteriano involucrado, podría generar enfermedad la cual, se relaciona con diversos factores de virulencia, dentro de estos, el biofilm se ha asociado con infecciones crónicas y persistentes, pero, además, con una mayor resistencia a los antimicrobianos. Por lo tanto, es importante considerar los antimicrobianos que podrían funcionar para un tratamiento eficaz en caso de que esta bacteria cause enfermedad en las aves de combate.

Referencias bibliográficas

1. Mathur T, Singhal S, Khan S, Upadhyay DJ, Fatma T, Rattan A. Detection of biofilm formation among the clinical isolates of Staphylococci: an evaluation of three different screening methods. *Indian J Med Microbiol*. 25-29; 2006.
2. Narasinakuppe Krishnegowda D, Dhama K, Kumar Mariappan A, Munuswamy P, Iqbal Yatoo M, Tiwari R, Karthik K, Bhatt P, Reddy MR. Etiology, epidemiology, pathology, and advances in diagnosis, vaccine development, and treatment of *Gallibacterium anatis* infection in poultry: *a review. Vet Q*. 40:16-34; 2020.
3. Bojesen AM, Vazquez ME, Robles F, Gonzalez C, Soriano EV, Olsen JE, Christensen H. Specific identification of Gallibacterium by a PCR using primers targeting the 16S rRNA and 23S rRNA genes. *Vet Microbiol*. 123:262-268; 2007.
4. Park JH, Jang Y, Yoon I, Kim TS, Park H. Comparison of Autof ms1000 and Bruker Biotyper MALDI-TOF MS Platforms for Routine Identification of Clinical Microorganisms. *Biomed Res Int*. 3:1-10; 2021.
5. Lubbers BV., Miller Claire, Papich MG. Performance standards for antimicrobial disk and dilution susceptibility tests for bacteria isolated from animals. Clinical and Laboratory Standards Institute; 2018. 170 p.

DETECCIÓN DE *Moraxella ovis* EN OVINOS CON PROBLEMAS DE QUERATOCONJUNTIVITIS EN EL ESTADO DE MÉXICO.

Pablo A Altamirano-Zamora[1], Erika G Palomares-Resendiz[2*], Lázaro Navarrete-Gutiérrez[3], José L Gutiérrez-Hernández[2], Giovany Ortiz-Arana[4], Jorge Acosta-Dibarrat[3]

[1]UAM-Xochimilco, [2]CENID-SAI, INIFAP, *[3]Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal. FMVZ. UAEM, [4]Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP.*

*Autor para correspondencia: palomares.erika@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Moraxella*, PCR, ovinos.

Introducción

La queratoconjuntivitis (QC) es una enfermedad ocular de gran relevancia en la producción ovina, ya que compromete tanto el bienestar animal como la productividad. Esta afección se manifiesta principalmente por inflamación de la conjuntiva y enrojecimiento ocular, lo que ocasiona dolor, fotofobia, lagrimeo excesivo e incluso pérdida parcial o total de la visión. En sistemas de producción extensiva, donde las condiciones ambientales y de manejo no siempre son óptimas, su incidencia puede incrementarse considerablemente. Entre los agentes bacterianos más comunes asociados a esta enfermedad destacan las especies del género *Moraxella* spp., y en ovinos, principalmente *Moraxella ovis,* una bacteria Gram negativa, aerobia, oxidasa positiva y no móvil, considerada un patógeno oportunista que puede formar parte de la microbiota ocular de los pequeños rumiantes y en la cual puede facilitarse su diseminación entre individuos susceptibles a través de vectores. Sin embargo, otros estudios también han demostrado la ocasional presencia de microorganismos como *Chlamydia* spp y *Mycoplasma* spp asociadas a la QC en los pequeños rumiantes, por lo que la identificación correcta de *M. ovis* puede ser clave para orientar tratamientos adecuados y establecer medidas preventivas eficaces en los rebaños que se encuentren afectados. El objetivo de este estudio fue demostrar la presencia de ADN de *M. ovis* en muestras de ovinos con queratoconjuntivitis en rebaños del Estado de México.

Materiales y métodos

Se estimó el tamaño de muestra utilizando la fórmula para población infinita, obteniendo un total 343 hisopos a partir de ojos lesionados, provenientes de 280 ovinos de pie de cría y de engorda pertenecientes a 19 municipios del Estado de México. A los animales se les realizó un examen físico general y los que presentaran afecciones oculares sugerentes a la queratoconjuntivitis contagiosa ovina dentro de los rebaños, se les tomaba la muestra. La toma de la muestra se realizó haciendo un pase sobre el saco conjuntival por 15 segundos sin tocar el borde palpebral, mediante hisopos estériles y se mantuvieron en refrigeración a 4°C hasta la llegada al laboratorio de pequeños rumiantes del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), Sede Palo Alto, y se conservaron a -20° hasta su procesamiento. La extracción de ADN de las muestras de hisopados oculares se realizó con un kit comercial, siguiendo las recomendaciones del fabricante. Para la detección de *M. ovis* se utilizaron los iniciadores Ovi16S1F (5' GAACGATGAGTATCCAGCTTGCT-3´) y Ovis1849R (5'-CTCTTTACTTTGGTTAATTATTTTGTTGGA-3´), que amplifican un producto de 1849 pb del gen 16S rRNA (Shen et al., 2011). Estos iniciadores fueron utilizados para la PCR usando 0.4 µM (0.5µL) de cada primer, 6.75 µL de Go Taq Master Mix, 3.25 µL agua y 1µL de ADN de cada una de las muestras, en un volumen final de 12 µL. Las condiciones de termociclado fueron las reportadas por Ortiz (2023): una desnaturalización inicial a 95°C por 5 min, posteriormente 30 ciclos con una desnaturalización a 95°C por 30 seg, una alineación a 55°C por 40 seg y una extensión a 72° C por 60 seg, y una extensión final a 72° C por 5 min. Como control positivo se utilizó una muestra confirmada de otro estudio y como negativo se utilizó agua libre de nucleasas. La información obtenida durante el muestreo como tipo de sistema de producción, raza y fenotipo, así como los resultados de laboratorio obtenidos luego del análisis de las muestras, se concentraron en una base de datos y posterior análisis estadístico. Se construyeron tablas de contingencia para analizar mediante la prueba de chi cuadrado, la posible relación entre el tipo de sistema de producción y la frecuencia de detección de *M ovis*, así como la asociación entre el fenotipo y y la frecuencia de detección de *M ovis*.

Resultados y discusión

De los 280 animales muestreados, 63 presentaron lesiones bilateales. De las 343 muestras de hisopos colectadas en el 28.57%, se detectó el ADN de *M. ovis*. Referente al sistema de producción, la mayor frecuencia de detección de *M. ovis* se presentó en el sistema semi-estabulado, encontrándose el ADN bacteriano en 33 de 47 muestras analizadas (41.25% de casos positivos), seguido del sistema estabulado, con 63 muestras positivas a la PCR de 190 analizadas (24.90% de casos positivos), el ADN bacteriano se encontró en 2 de 8 muestras provenientes de sistemas semi-extensivos (20% de casos positivos)(Figura 1A); con la prueba de Chi cuadrado se demostró que el tipo de sistema de producción influyó en la detección del ADN bacteriano (p=0.001), encontrándose además diferencia significativa entre los sistemas de producción estabulado y semi-estabulado (P=0.004), pero no entre estos y el sistema semi-extensivo. Las razas ovinas de las que se colectaron las muestras para este estudio se clasificaron en “fenotipo claro” y “fenotipo oscuro”, en el primer grupo se consideraron a las que tienen por característica de interés para este trabajo, los parpados de tonos rosáceos o claros, siendo incluidos en este grupo a las razas Awassi, Dorset, East Frisian, Katahdin y Lacaune, mientras que para el segundo, se consideraron a las razas que presentan parpados en tonos oscuros, incluyéndose a las razas Black Belly, Dorper cabeza negra, Hampshire, Pelibuey, Suffolk y ovinos criollos. Se observó que en 37 de 107 muestras obtenidas de razas de fenotipo claro se logró la detección de *M. ovis* mediante la PCR (38.54% de casos positivos), mientras que en 61 de 112 muestras obtenidas de razas de fenotipo oscuro se logró la amplificación del ADN de la bacteria (Figura 1B), sin embargo, en el presente trabajo no se observó asociación entre los fenotipos y la detección de casos positivos a la enfermedad (P=0.90).

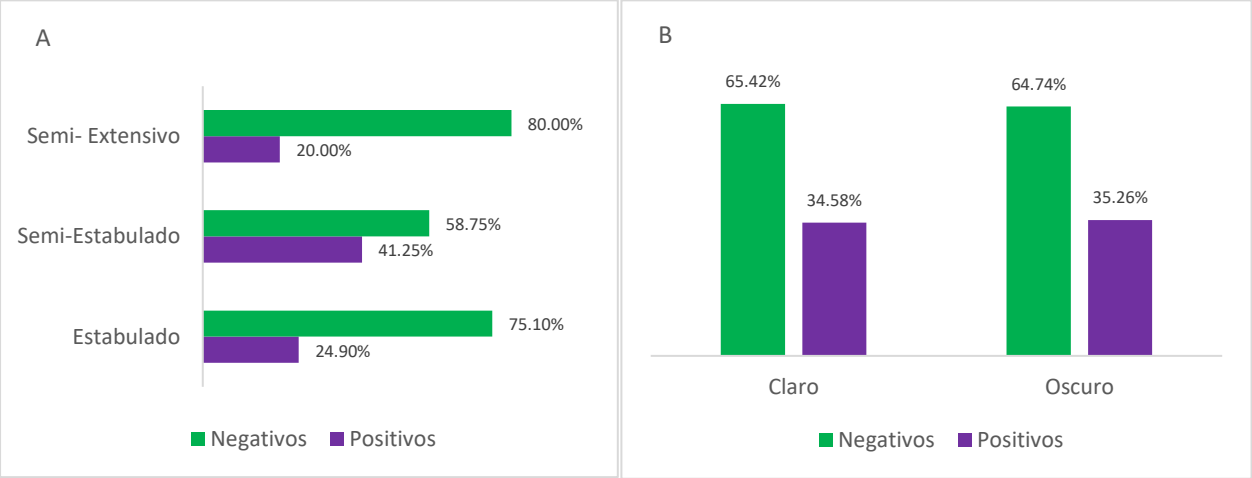


Figura 1. Distribución de casos positivos a *M. ovis.* A. Frecuencia de *M. ovis* por tipo de sistema de producción; B. Frecuencia de *M. ovis* por fenotipo ovino

La presencia de *M. ovis* en ovejas sanas puede conducir a la aparición de la QC en animales susceptibles debido a la presencia de factores predisponentes como la alta densidad de población, el grupo de edad de los animales, la irritación por la luz del sol y el polvo, y la presencia de vectores como moscas que facilitan la colonización bacteriana y eventualmente, la aparición de la enfermedad (Karthikeyan et al., 2022); de todos los factores predisponentes anteriormente enlistados al menos dos, el hacinamiento y la presencia de moscas, son frecuentes en sistemas de producción de tipo estabulado y semi-estabulado, esto puede relacionarse con la mayor presencia de casos de QC diagnosticados mediante PCR en este estudio. Se ha descrito que el fenotipo de los animales también influye en la aparición de la QC, siendo las razas con pelaje claro en la zona periocular las más susceptibles (Dennis y Kneipp, 2021), aunque en el presente estudio no se observó asociación entre los fenotipos y la frecuencia de casos positivos a la enfermedad, los resultados encontrados sugieren que la presencia de la enfermedad dependerá de la concomitancia de distintos factores predisponentes asociados al ambiente y no exclusivamente de la capacidad patógena de *M. ovis* o de los factores intrínsecos de la especie ovina. Es importante destacar que en diversos estudios a nivel mundial se ha reportado una mayor incidencia de QC durante el verano, época en que la radiación ultravioleta y la cantidad de moscas aumentan, además, debe considerarse que otros patógenos como *Listeria monocytogenes Staphylococcus aureus, Mycoplasma conjunctivae, Mycoplasma agalactiae*

y *Chlamydia spp* también pueden estar asociados a cuadros de QC (Williams et al., 2019), mismos que deberían ser considerados al momento de elegir un tratamiento contra la enfermedad.

Conclusión

La PCR punto final demostró ser una técnica eficiente para el diagnóstico de la QC, sin embargo, no debe descartarse la coinfección con otros agentes como *Chlamydia* spp., y *Mycoplasma* spp., bacterias que pueden contribuir a la severidad de presentación del cuadro clínico y comprometer la eficacia en los antibióticos seleccionados para el tratamiento de la enfermedad; adicional a ello, deben considerarse también a los factores predisponentes ligados a los sistemas de producción, con la finalidad de reducir el riesgo de diseminación de la enfermedad entre los animales.

Fuente financiadora

Caracterización genotípica de *Mycoplasmas* spp., *Chlamydia* spp., y *Moraxella* spp., presentes de casos clínicos de queratoconjuntivitis ovina y su relación con el cuadro clínico de la enfermedad. 6177/2020CIB

Referencias bibliográficas

1. Shen, H. G., Gould, S., Kinyon, J., Opriessnig, T., & O'Connor, A. M. (2011). Development and evaluation of a multiplex real-time PCR assay for the detection and differentiation of *Moraxella bovis*, *Moraxella bovoculi* and *Moraxella ovis* in pure culture isolates and lacrimal swabs collected from conventionally raised cattle. Journal of Applied Microbiology, 111(5), 1037–1043.
2. Ortiz Arana, G. (2023). "Caracterización de los agentes etiológicos implicados en la queratoconjuntivitis contagiosa ovina" (Tesis doctoral, Universidad Autónoma del Estado de México). Repositorio Institucional UAEMex.
3. Ortiz-Arana, G., Talavera-Rojas, M., Soriano-Vargas, E., Palomares-Reséndiz, E. G., Enríquez-Gómez, E., Salgado-Miranda, C., & Acosta-Dibarrat, J. (2023). Characterization and antimicrobial resistance of *Moraxella ovis* isolates from clinical cases of contagious ovine keratoconjunctivitis in Mexico State, Mexico. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 37(1), 14–26.
4. Dennis, E. J., & Kneipp, M. (2021). A Review of Global Prevalence and Economic Impacts of Infectious Bovine Keratoconjunctivitis. The Veterinary clinics of North America. Food animal practice, *37*(2), 355–369.
5. Williams, H. J., Duncan, J. S., Fisher, S. N., Coates, A., Stokes, J. E., & Gillespie, A. (2019). Ovine infectious keratoconjunctivitis in sheep: the farmer's perspective. Veterinary record open, *6*(1), e000321.
6. Karthikeyan R., Anbazhagan S., Babu P. N., & Raj S. B. (2022). Isolation an characterization of Moraxella ovis from ovine infectious keratoconjuctivitis in a sheep farm of Northern India. Indian Journal of Small Rumminants, 28(2).

EVALUACIÓN DE UN PROBIÓTICO ACELULAR ELABORADO CON MICROVESÍCULAS DE *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS* ADMINISTRADO VÍA ORAL *EN POLLOS* COBB 500.

Luis Fernando Alpizar-Vargas[1]*, Andrea Lozada-Mendieta[1], José Luis Muciño-Hernández[1], Juan Omar Hernández-Ramírez[1], Cristal Dafne Lonngi-Sosa[1], Daniela Aguayo-Gama[1], César Daniel Rodríguez-Ávalos[1], Jorge Alfredo Cuéllar-Ordaz[1], Cynthia González-Ruíz[1]

[1]Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

*Autor para correspondencia: lfav.mvz@gmail.com

Palabras clave: Microvesículas, *Lactobacillus acidophilus*, Pollos COBB 500.

Introducción:
La avicultura intensiva en México representa una de las principales fuentes de proteína de origen animal. No obstante, enfrenta desafíos sanitarios persistentes derivados de enfermedades infecciosas que afectan la eficiencia productiva y elevan la dependencia a los antimicrobianos. En ese sentido, el uso prolongado de antibióticos como promotores del crecimiento ha contribuido al incremento de la resistencia bacteriana, generando un problema de salud pública y comprometiendo la bioseguridad agroalimentaria. Por lo anterior, el desarrollo de alternativas terapéuticas y profilácticas con base en biotecnología microbiana se vuelve prioritario. En trabajos previos de este grupo de investigación, se ha descrito que las Bacterias Ácido Lácticas (BAL) aisladas del Tracto Gastrointestinal (TGI) de ratas de vida libre, producen microvesículas (MVs). Las cuales han demostrado estimular el sistema inmune tanto en condiciones *in vitro*, como *in vivo*, generando efectos antimicrobianos que podrían reducir la dependencia a los antibióticos convencionales. Lo anterior debido a que las MVs, arrastran constitutivamente antígenos estructurales de la membrana citoplasmática de origen, o bien antígenos en tránsito biológicamente activos que pueden ejercer efectos bactericidas (Toyofuku, 2023). La relevancia de trabajar con roedores capturados de áreas periféricas de zonas conurbadas de la Ciudad de México se debe a que esta especie animal vive expuesta y resistente a una gran cantidad de patógenos que afectan tanto a él humano, como a los animales de producción.

Objetivo general
Evaluar un probiótico acelular (PbA) elaborado con MVs de *Lactobacillus acidophilus*, administrado vía oral a pollos Cobb 500 en un sistema de producción intensiva.

Materiales y métodos
A partir de un trabajo previo, se obtuvieron BAL del TGI de *Rattus norvergicus* de vida libre, caracterizadas molecularmente por PCR y bioquímicamente mediante el sistema Apiweb 50CHL. De estas, se seleccionó la cepa 54 de *Lactobacillus acidophilus* aislada de íleon y se realizó la siguiente metodología:
Fase I: Evaluación *in vitro*. Se obtuvieron MVs de *L. acidophilus*, mediante ultrafiltración y ultracentrifugación, para posteriormente cuantificarlas por el método de Bradford. A partir de esto, se preparó el PbA, el cual contenía 500µg de MVs y 4.5 ml de quitosan como excipiente bioadhesivo. Finalmente, el PbA se sometió a pruebas de digestión *in vitro* evaluando diferentes pH, a fin de emular el pH de las diferentes porciones del TGI de las aves y determinar en qué porción del intestino se absorbe. Las fluctuaciones de pH se asociaron con la ruptura del punto isoeléctrico de la molécula, lo cual indicó a qué pH se separan y se liberan al medio.
Fase II: Evaluación *in vivo*. Una vez elaborado el PbA, se estableció un calendario de administración en pollos Cobb 500 en condiciones de campo. Estos se dividieron en cuatro grupos de 20 animales c/u de la siguiente manera: El Gpo. A, control negativo recibió solución salina fisiológica (SSF), el Gpo. B, al cual se le administró el PbA que contenía 500µg de MVs de *L. acidophilus,* Gpo. C, que recibió 500µg de Células Completas (C.C) de *L. acidophilus* y por último el Gpo. D, control positivo al cual se le administró la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* (PCSc). Los diferentes tratamientos se administraron en el agua de bebida, cada 5 días por 49 días.
Se realizó un análisis de la ganancia de peso (GDP) y conversión alimenticia (ICA), para lo cual, se registró el peso semanal de las aves, así como el alimento que consumían. Una vez finalizado el experimento, las

aves se sacrificaron (NOM-033-SAG/ZOO-2014) y se realizó un último pesaje de estas, así como del paquete visceral. Paralelamente, se tomaron muestras de bazo, bolsa de Fabricio, yeyuno y tonsilas cecales que se conservaron en formalina bufferada al 10% y se evaluaron por histología. Cabe mencionar que solo las muestras de yeyuno y tonsilas cecales, se les realizó un análisis morfométrico con el programa *ImageJ, versión 2*, donde se evalúo la altura y ancho de vellosidades intestinales, ancho de túnica muscular, número de criptas de Lieberkühn y perímetro de las placas de Peyer, con el fin de determinar si la administración del PbA desencadenó cambios estructurales. Finalmente, los datos se analizaron mediante una prueba de ANOVA de una vía con el programa *Statgraphics Centurion XV*.

Resultados

Fase I: Evaluación *in vitro*. A partir de la digestión *in vitro* de MVs + quitosan, se observó que a partir de pH 6 y hasta pH 8, se presentaron fluctuaciones en las mediciones. Lo anterior, demostró que dicha molécula se disocia en la porción final de duodeno y a lo largo de yeyuno respectivamente, liberando MVs en dichas porciones del tubo digestivo y asegurando su interacción con la mucosa intestinal.

Fase II: Evaluación *in vivo*. Se realizó un análisis de los parámetros productivos con la finalidad de evaluar el efecto de los tratamientos en la GDP de las aves. Bajo este contexto, se observó que el Gpo. B (PbA de MVs), obtuvo una GDP al final del engorde superior al resto de los grupos evaluados, registrando un peso promedio de 2.377 Kg (**p<0.05), con una GDP semanal de 625.6 g (**p<0.05) y un peso al sacrificio de 3.018 Kg (**p<0.05). De igual manera, el ICA de dicho grupo fue de 1.46 (***p<0.01). Así mismo, se comparó el peso absoluto del paquete visceral con el peso total del ave, lo cual permitió evaluar si el crecimiento fue funcional y eficiente. En ese sentido el Gpo. C (C.C de *L. acidophilus*) obtuvo el mayor peso promedio 328.2 g de paquete visceral. Posteriormente, se pesó de manera independiente el bazo, intestinos y bolsa de Fabricio. Donde se observó que el Gpo. A (Ctrl -), mostró el mayor peso del bazo, mientras que el Gpo. C (C.C de *L. acidophilus*) obtuvo el mayor peso de los intestinos y finalmente el Gpo. B (PbA de MVs), presentó el mayor peso de la bolsa de Fabricio. En ese sentido, los Gpos. B y C evidenciaron una mayor GDP del paquete visceral con respecto al peso total de cada ave, lo cual se traduce en un crecimiento saludable y proporcional (González-Alvarado, *et al.*, 2007; Zhang, *et al.*, 2005).

Evaluación histológica: La evaluación microscópica del **bazo**, mostró que el Gpo. B (PbA de MVs) y el Gpo. C (C.C de *L. acidophilus*) poseían una mayor hiperplasia folicular con respecto al Gpo. A (Ctrl. -), lo cual indicó activación del tejido linfoide esplénico. Por otro lado, la **bolsa de Fabricio** del Gpo. B (PbA de MVs) mostró la mayor hiperplasia de centros germinativos en comparación al resto de los grupos evaluados. Con respecto al **yeyuno,** solo los Gpo. A (Ctrl. -) y Gpo. D (Ctrl. +), mostraron, una ligera necrosis en la punta de las vellosidades. Paralelamente, la evaluación de **tonsilas cecales** evidenció que los Gpos. B (PbA de MVs) y Gpo. C (C.C de *L. acidophilus*), presentaron una mayor hiperplasia de los centros germinativos. Estos resultados indican un mejor mantenimiento de la integridad tisular del epitelio intestinal influenciado, por la presencia de *L. acidophilus* en su presentación de MVs y C.C, mostrando a su vez un efecto protector a la mucosa intestinal. Del mismo modo, se observó la activación del tejido linfoide asociado al intestino (GALT), lo cual le confiere protección al hospedero frente a patógenos intestinales en condiciones de campo (Shini, *et al*, 2022)

Evaluación morfométrica: La evaluación morfométrica de **yeyuno**, evidenció que el Gpo. B (PbA de MVs), mostró una mayor altura (635.7 µm/***p<0.01) y ancho de vellosidades (110.5 µm/***p<0.01). Con relación al perímetro de **placas de Peyer**, el Gpo. B (PbA de MVs) y Gpo. C (C.C de *L. acidophilus*) obtuvieron tamaños similares (276.9 µm/***p<0.01). Mientras que, con respecto a las **criptas tonsilares**, el Gpo. B (PbA de MVs), evidenció una mayor altura (604.6 µm/***p<0.01) y un ancho de vellosidades (112.3 µm/***p<0.01), con respecto al Gpo. C (C.C de *L. acidophilus*) y al Gpo. D (Ctrl. +) (***p<0.01). Finalmente, con respecto a las **criptas de Lieberkühn**, el Gpo. D (Ctrl. +) mostró un mayor número de criptas (14.1/**p<0.05), además de un mayor ancho de la túnica muscular intestinal con respecto al resto de los grupos (157.4 µm/**p<0.05). El estudio actual mostró que la suplementación dietética con PbA de MVs, aumentó la relación entre la altura y ancho de las vellosidades intestinales, la profundidad de las criptas, además de promover la hiperplasia de placas de Peyer, lo que indica que el PbA de MVs de *L. acidophilus* favorece el desarrollo de la superficie de absorción del yeyuno en pollos de engorde, mientras mantiene activo el sistema inmune local frente a posibles patógenos.

Discusión

El presente trabajo evidenció los efectos de administrar un PbA de MVs de *L. acidophilus*, en la dieta de pollos Cobb 500. En ese sentido, estudios previos reportan que el uso de C.C. de *Bacillus subtilis* y *B.*

licheniformis adicionadas en la dieta de aves de engorda como probióticos, promueven un aumento de peso corporal y eficiencia en la conversión alimenticia, así como una reducción en la tasa de mortalidad. En el presente trabajo las aves que consumieron el PbA de MVs de *L. acidophilus*, evidenciaron una mayor GDP al final del ciclo de engorde, así como una conversión alimenticia más eficiente, con respecto al grupo que recibió las C.C de dicha bacteria. Así mismo, se demostró que los pollos que consumieron el PbA de MVs, aumentaron la relación entre la altura y ancho de las vellosidades intestinales, así como de la profundidad de criptas tonsilares, lo cual sugiere que las MVs promueven el desarrollo tisular del yeyuno, aumentando la superficie de absorción intestinal, misma que se traduce en una mayor ganancia de peso. Aunado a lo anterior, se ha descrito que la integridad de la barrera intestinal es de suma importancia para la función celular epitelial, siendo esta la razón de la mejora en los parámetros productivos evaluados, así como de la respuesta inmune tisular observada. Es de resaltar, que este es el primer trabajo que reporta el uso de MVs de *L acidophilus,* como probiótico acelular (PbA) y su impacto en los parámetros de producción en pollos Cobb 500 en condiciones de campo. Ahmad *et. al*. en 2006, comparo los beneficios inducidos por células completas de *Bacillus subtilis* sobre la morfometría intestinal de pollos de engorde, lo cual evidenció en el presente proyecto fueron las MVs de *L. acidophilus* las que superaron los beneficios de sus C.C de origen.

Conclusiones

El PbA elaborado con MVs de *L. acidophilus*, mejoró parámetros productivos como la GDP, ICA y peso al sacrifico. Igualmente, ejerció efectos positivos sobre la respuesta inmune local de los pollos que lo consumieron, superior al mostraron aquellas recibieron las C.C. de origen. Evidenciando proliferación del tejido linfoide y una morfometría intestinal mucho más desarrollada y completa con respecto al resto de los grupos evaluados, lo que se traduce en una mayor superficie de absorción de nutrientes. Este es el primer trabajo que muestra el efecto de la administración oral de MVs de *L. acidophilus* aislada de intestino de rata de vida libre, en pollos de producción y su efecto sobre parámetros de producción. Lo anterior, abre una nueva alternativa con respecto al uso de MVs bacterianas, como estrategia biotecnológica al abuso de antibióticos en la avicultura intensiva, favoreciendo la salud intestinal y la bioseguridad de los animales en producción, sin inducir resistencia antimicrobiana.

Fuentes financiadoras

Investigación financiada por el PAPIIT / IT201824: Evaluación de un probiótico acelular elaborado con microvesículas de microbiota nativa de *Rattus norvegicus* de vida libre, administrado a diferentes especies de producción y el PICI 2024 / CI2465.

Referencias bibliográficas:

1. Ahmad,I. Effect of probiotics on broilers performance. Int. J. Poult. Sci. 2006, 5, 593–597.
2. Toyofuku, M., Schild, S., Kaparakis-Liaskos, M., & Eberl, L. (2023). Composition and functions of bacterial membrane vesicles. *Nature Reviews. Microbiology*, *21*(7), 415–430. https://doi.org/10.1038/s41579-023-00875-5
3. González-Alvarado, J.M., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R., Mateos, G. (2007) Effect of Type of Cereal, Heat Processing of the Cereal, and Inclusion of Fiber in the Diet on Productive Performance and Digestive Traits of Broilers. Poultry Science, Volume 86, Issue 8. https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705
4. Shini, S., et al. (2022). Assessment of antimicrobial effects on broiler gut barrier through histopathology and immunohistochemistry of tight-junction proteins. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 830073. https://doi.org/10.3389/fvets.2022.830073

ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE UN SELLADOR COMERCIAL A BASE DE YODO CONTRA CEPAS DE *Staphylococcus aureus* MULTIRRESISTENTES ASOCIADAS A MASTITIS BOVINA.

Oscar Jovany Hernández-Domínguez[1], Nallely Rivero Pérez[1], Ana Lizet Morales-Ubaldo[1], Benjamín Valladares-Carranza[2], Carolina G. Sosa-Gutierrez[2], Adrián Zaragoza-Bastida[1*]

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Rancho Universitario Av. Universidad km 1, Ex-Hda. de Aquetzalpa, Tulancingo C.P. 43600, Hidalgo, México. [2] Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zoo-tecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Km 15.5 Carretera Panamericana Toluca-Atlacomulco, C.P. 50200 Toluca, Estado de México.

*Autor para correspondencia: adrian_zaragoza@uaeh.edu.mx

Palabras clave: bacterias multirresistentes, actividad antibacteriana, yodo.

Introducción

La industria láctea es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria del país, así como una importante generadora de ingresos por los empleos generados (Gallegos-Daniel C., *et al*, 2023). Es por ello que las patologías que afectan a la cantidad y la calidad de la leche producida tienen especial relevancia desde el punto de vista de la producción pecuaria. Dentro de las patologías que más afectan a esta industria lechera, además de ser la más prevalente, es la mastitis bovina que se caracteriza como la inflamación del tejido mamario originada por un trauma físico o causada por una infección (principalmente bacteriana). Los agentes etiológicos comprenden tanto bacterias Gram-negativas como Gram-positivas que, además, pueden ser consideradas de origen infeccioso (ej. *Staphylococcus aureus, Streptococcus agalactie*) o ambiental (ej. *Escherichia coli, Enterococcus spp*.) (Cheng W. N. & Sung G: H., 2020). La infección es causada cuando las bacterias ingresan a la ubre por el canal del pezón, produciendo daño en el tejido secretor por medio de la liberación de toxinas.

Para reducir la incidencia de mastitis y los perjuicios que conlleva en una unidad de producción, es que se implementan BPM (Buenas Prácticas de Manufactura). El ganado lechero debe realizar una rutina de ordeño que conlleva una serie de protocolos y procedimientos higiénicos que garanticen la inocuidad del producto y el bienestar animal; proporcionar un ambiente tranquilo, lavar los pezones con una solución sanitizante, sumergir los pezones en un limpiador a base de yodo o peróxido de hidrógeno, inspeccionar los primeros chorros de leche, colocar la ordeñadora con la succión y el tiempo adecuado y finalmente aplicar un sellador a base de yodo a cada pezón (Ózsvári & Ivanyos, 2021).

El yodo es un elemento con gran espectro microbicida gracias a su capacidad de ingresar a los microorganismos y atacar proteínas importantes, nucleótidos y ácidos grasos culminando en la muerte celular, sin embargo, las formulaciones comerciales usan yodóforos: complejos que se forman con yodo unido a un compuesto tensoactivo que al ser diluido proporciona una reserva de yodo de liberación sostenida (Rutala W. A., & Weber D.D., 2014). Por lo anterior el objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad antibacteriana in vitro de un sellador comercial a base de yodo contra cepas *Staphylococcus aureus* multirresistentes asociadas a mastitis bovina.

Materiales y métodos

Material biológico

Las evaluaciones antibacterianas fueron realizadas contra bacterias Gram-positivas, empleando una cepa de referencia (ATCC) de *Staphylococcus aureus* [6538], así como tres cepas multirresistentes de *S. aureus (S. aureus*[01]*, S. aureus*[02]*, S. aureus*[03]) aisladas de casos de mastitis clínica pertenecientes a la colección del Laboratorio de Bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Preparación del inóculo

Se inoculó una colonia aislada de cada cepa de interés en 2000 µL de caldo nutritivo (BD Bioxon) previamente esterilizado, y se procedió a incubar durante 24 horas a 37° C. Pasado el periodo establecido

de incubación, dichos inóculos fueron ajustados al 0.5 del patrón de turbidez del estándar McFarland (Remel, R20421, Lenexa, KS, USA), mismo que corresponde a 150 x 10^6 cel/mL (CLSI, 2012).

Determinación de la actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana de los tratamientos fue evaluada utilizando la técnica de difusión en disco. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: agua destilada estéril como control negativo, kanamicina comercial (AppliChem 4K10421) a una concentración de 64 µg/mL como control positivo y un sellador comercial a base de yodo al 1% (OrgaDIP 1.0% DB, Orgachemics, México).

En placas Petri estériles se colocó agar Mueller-Hinton (MCD LAB), y se les inoculó con 100 µL las cepas a evaluar, realizando 4 repeticiones por tratamiento. En cada repetición fueron colocados 10 µL de los tratamientos mencionados previamente. Se dejaron en incubación por 24 horas a 37° C, posteriormente se realizó la medición de los halos de inhibición del crecimiento bacteriano (Rodrigues, Filgueiras *et al*., 2020).

La sensibilidad al compuesto fue evaluada de la siguiente forma: se consideró no sensible para diámetros de 0-8 mm; sensible para diámetros de 9-14 mm; muy sensible para diámetros de 15-19 mm, y más allá de 20 mm se tomó como una sensibilidad muy fuerte (Imane, Fouzia *et al*., 2020).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar a través de ANOVA. Las diferencias entre las medidas se evaluaron mediante una comparación de medias por Tukey con un nivel de confianza del 95% (*P*=0.05), usando el programa Minitab 18.

Resultado y discusión

El análisis de los datos recopilados determinó que existen diferencias estadísticas significativas (*P*=0.001) entre los halos de inhibición del sellador comercial (Cuadro 1), en concordancia con los criterios establecidos por Imane, Fouzia *et al*. (2020) para la interpretación de los halos de inhibición indican que la cepa de referencia *S. aureus*^{6538} fue considerada extremadamente sensible; *S. aureus*^{01} muy sensible, mientras que tanto *S. aureus*^{02} como *S. aureus*^{03} fueron clasificadas como sensibles.

Cuadro 1. Actividad antibacteriana del compuesto comercial yodado OrgaDIP 1.0% sobre *S. aureus* multirresistentes asociadas a mastitis bovina.

Tratamiento	*S. aureus*^{6538}	*S. aureus*^{01}	*S. aureus* ^{02}	*S. aureus*^{03}
Sellador comercial (OrgaDIP 1.0% DB)	20.50 ± 1.00^a	18.25 ± 1.70^b	13.75 ± 0.95^c	12.50 ± 0.57^c
Kanamicina (64 µg/mL)	11.25 ± 2.50^a	9.50 ± 1.29^a	8. 00 ± 1.82^a	10. 25 ± 1.25^a
Agua destilada estéril	00.00 ± 0.00	00.00 ± 0.00	00.00 ± 0.00	00.00 ± 0.00
Valor de *P*		0.001		

$^{a, b, c}$ diferentes literales en las filas indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias.

Al respecto estudios similares reportaron halos de inhibición de 8 desinfectantes en *Salmonella typhimurium, E. coli, Campylobacter, Citrobacter freundii* y *Staphyloccus aureus*. Dicho estudio reportó que la Povidona yodada al 10% produjo un halo de inhibición de 11.73 mm sobre *S. aureus* (Mehmood *et al*., 2024*).* A su vez, estudios como el de Azizoglu et al. (2012) encontraron que 28 aislamientos de 37 (75.7%) correspondientes a *S. aureus* fueron capaces de tolerar concentraciones de yodo tan altas como 0.1%. Sin embargo, remarca que la evaluación fue *in vitro* y que otros factores del individuo o del procedimiento (tiempo de contacto, limpieza de los pezones y reacción de la piel) pueden tener un rol distinto en la efectividad del yodo.

La evidencia obtenida indica que el yodo al 1% posee actividad antibacteriana ante *S. aureus* multirresistente gracias a los numerosos objetivos moleculares del mismo, pese a ello, no debe ser subestimada la capacidad bacteriana de generar resistencia y se deben buscar alternativas para alternar los compuestos o potenciar su actividad, como lo propuesto por Zhang et al. (2021).

Conclusión

Los resultados indican que el sello comercial a base de yodo presenta actividad antibacteriana con diferentes grados de sensibilidad contra *Staphyloccus aureus* multirresistentes, sin embargo, deben seguirse las pautas establecidas por las buenas prácticas de producción durante la ordeña a la vez que se recalca la importancia de buscar alternativas para potenciar o alternar los desinfectantes tradicionales, con el objetivo de mantener su efectividad a futuro, a la vez que se obtienen datos experimentales para evaluar su uso.

Agradecimientos
A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente proyecto de investigación.

Fuente financiadora
Proyecto financiado con recursos propios

Referencias bibliográficas

1. Azizoglu, R. O., Lyman, R., & Anderson, K. L. (2012). Bovine *Staphylococcus aureus*: Dose response to iodine and chlorhexidine and effect of iodine challenge on antibiotic susceptibility. *Journal Of Dairy Science*, *96*(2), 993-999.
2. Cheng WN, Han SG. Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments - A review. Asian-Australas J Anim Sci. 2020 Nov;33(11):1699-1713.
3. Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically (Approved Standards) CLSI; Wayne, PA, USA: 2012. CLSI document M7-A5
4. Imane, N. I., H. Fouzia, L. F. Azzahra, E. Ahmed, G. Ismail, D. Idrissa, K.-H. Mohamed, F. Sirine, O. L'Houcine and B. Noureddine (2020). " Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria." European Journal of Integrative Medicine 35: 101074.
5. Mehmood, M. D., Sabir, S., Ghani, M. U., Ul-Haq, H. A., Khalid, R., & Sharif, N. (2024). An assessment of various disinfectants using the Kirby-Bauer Method with disc diffusion to determine their effectiveness against locally isolated pathogens. *Journal Of Drug Delivery And Therapeutics*, *14*(6), 143-149.

PREVALENCIA DE PARÁSITOS GASTROINTESTINALES EN CABRAS CRIOLLAS EN DOS REGIONES DEL ESTADO DE OAXACA.

Fernando Edgar Martínez-Silva[1*], Filiberto Anzures-Olvera[1], German Román Colmenares-Viladomat[2], Liliana Aguilar-Marcelino[2], Flor de María Regalado-Arrazola[3].

[1]CIRPAS INIFAP, [2]CENID SAI INIFAP, [3]Prestador de Servicios Profesionales Independiente.

*Autor para correspondencia: martinez.fernando@inifap.gob.mx

Palabras clave: caprinos, prevalencia, nematodos.

Introducción

La parasitosis es uno de los factores que limitan la eficiencia productiva de los pequeños rumiantes en México y ocasiona pérdidas económicas muy importantes (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024). A su vez, en ciertas épocas se dan las condiciones para el desarrollo de las larvas infectantes que contaminan el forraje y al ser consumido por los animales; estos adquieren dicha enfermedad (Camacho-Ronquillo et al., 2021; Vargas-López et al., 2022). Los géneros más frecuentes que se han reportado en caprinos son: Haemonchus, Trichostrongylus, Ostertagia, Cooperia, Nematodirus, Oesophagostomum y las especies Trichuris ovis y Skrjabinema caprae (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024).

En Oaxaca en la región Mixteca y los Valles Centrales, la crianza de cabras es realizada por productores rurales en sistema de pastoreo extensivo de uso comunal; donde los animales están expuestos a los nematodos gastrointestinales (NGI), situación que limita gradualmente su desarrollo y productividad (Trejo-Huitrón et al., 2020; Reyes-Guerrero et al., 2021; de Montellano et al., 2022).

En el estado de Oaxaca, aún no se cuenta con estudios detallados sobre la prevalencia de NGI en pequeños rumiantes. Actualmente, la detección de NGI se basa en métodos tradicionales como el recuento de huevos con la técnica de McMaster y el análisis morfológico de larvas en estadio L3, para determinar los géneros y en algunos casos las especies. Por lo descrito anteriormente, en la presente investigación se planteó el objetivo de determinar la prevalencia que tienen los NGI en cabras criollas en dos regiones del estado de Oaxaca, México.

Materiales y métodos

Área de estudio y animales. El trabajo de campo se realizó entre septiembre y octubre 2024, en ocho unidades de producción, en dos regiones (Valles Centrales y Mixteca) del estado de Oaxaca, México. Para la selección de las unidades de producción se consideró que en estas no se hubieran desparasitado a los animales durante más de dos meses. El número total de caprinos por las ocho unidades de producción fue de 612 cabezas, tomando en cuenta cabritos mayores de tres meses. Se muestrearon 65 animales seleccionados al azar, de los cuales cada uno de los ocho rebaños aporto un porcentaje de estos animales.
Obtención de muestras. Las muestras de heces fueron recolectadas directamente del recto de cada caprino y depositadas en bolsas de plástico, etiquetadas con el número de identificación correspondiente y fueron almacenadas en cajas térmicas con refrigerante y transportadas al Laboratorio de Metabolómica y Artropodología, (CENID-SAI, INIFAP), Jiutepec, Morelos, México para su análisis. Se colectaron aproximadamente 5 g de heces por animal. Al final del trabajo de campo se procesaron 62 muestras de heces recolectadas.
Inicialmente por muestra se realizó la técnica de flotación para determinar cuáles animales presentaban NGI en las heces. Posteriormente las muestras con presencia de NGI se procesaron por la técnica de Mcmaster para estimar el conteo de huevos por gramos en heces fecales (HPG) (Foreyt, 2013). Se realizó el cálculo de la prevalencia por análisis de frecuencia simple, empleando la herramienta de tablas dinámicas y gráficos del programa Microsoft Office Excel, 2016. Los análisis se realizaron a través del paquete estadístico de SAS®, con un diseño completamente aleatorizado con dos razas, considerando dos regiones para la prevalencia.

Resultados y discusión

Los resultados del estudio (Cuadro 1) indican una prevalencia total de 93.4%, principalmente del género nematodo *Haemonchus* en las regiones de valles centrales y mixteca, cada una con valores de 90% y 96.8% respectivamente. Los cuales superan a los encontrados por Rodríguez-Vivas *et al.,* (2001) que encontraron una prevalencia de NGI con 75.4% en caprinos de Yucatán, México y contrastan con los de Figueroa-Antonio *et al*., (2018) quienes reportaron una menor prevalencia (36.6%) en rebaños caprinos de la comunidad de Quechultenango, Guerrero, México durante la época de lluvias.

Cuadro 1.- Prevalencia general de infección por nematodos gastrointestinales en cabras de dos regiones de Oaxaca, México.

Región	No. de muestras fecales	No. de infectados por tipo de nematodo	Prevalencia de la infección (%)
Valles centrales	30	H 27	90
		T 04	13.3
		O 07	23.3
Mixteca	32	H 31	96.8
		T 31	96.8
		O 31	96.8

H: Haemonchus T: Trichostrongylus; O: Oesophagostomum

La identificación de géneros de los NGI en caprinos, criados en pastoreo extensivo en los valles centrales y mixteca de Oaxaca, evidenció que todos los animales evaluados poseían una infección mixta; los géneros identificados fueron *Haemonchus*, *Oesophagostomum* y *Trichostrongylus*; el primer género fue significativamente más prevalente que el resto.

Del total de las muestras fecales (n=62) y con respecto a los nematodos, 58 animales presentaron infestación por *Haemonchus* con una prevalencia de 93.5%, seguido de *Oesophagostomum* que mostro una prevalencia de 61.2%, (38/62); mientras que *Trichostrongylus* fue la menor prevalencia con 56.4% (35/62). Similares resultados fueron reportados por Paixão *et al*., (2019) donde igualmente encontraron que el género más prevalente fue *Haemonchus* (70%) en cabras del municipio Waco-Cungo, en la provincia Cuanza Sul, Angola.

Haemonchus se destaca por ser un estrongílido con elevado potencial biótico, pues las hembras son capaces de ovopositar hasta 15000 huevos por día, además es muy patógeno y fuertemente hematófago (Mendoza-de Gives y Torres-Acosta, 2024). Los caprinos son más sensibles en la infestación por estrongílidos, probablemente por tener menor habilidad para desarrollar una respuesta inmune contra estos parásitos (Reyes-Guerrero *et al*., 2021).

Respecto a *Oesophagostomum,* fue el segundo género de importancia encontrado en este trabajo, y difiere con los hallazgos de Paixão *et al.,* (2019) en cabras del municipio Waco-Cungo, donde encontraron una prevalencia de 9%, seguido de *Trichostrongylus* (10%). Adicionalmente Figueroa-Antonio *et al.,* (2018) encontraron 15% de prevalencia en *Trichostrongylus* en cabras de Quechultenango, Guerrero.

Conclusiones

La prevalencia de parásitos gastrointestinales en el ganado caprino de los valles centrales fue de 90% para el género *Haemonchus*, seguido de *Oesophagostomum* con un 23.3% y en menor proporción *Trichostrongylus* con 13.3%. Mientras que en el ganado caprino de la mixteca se determinó una prevalencia de 96.8% de parásitos gastrointestinales con igualdad de frecuencia entre los nematodos *Haemonchus*, *Oesophagostomum* y *Trichostrongylus.* En ambas regiones se detectaron infecciones mixtas. La región de muestreo influye en la prevalencia de parásitos entre los nematodos y la frecuencia de animales infectados.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto “Determinación de la prevalencia de parasitosis gastrointestinales que afectan la producción de caprinos en regiones marginadas del sur de México”, SIGI 1135636514, financiado por el INIFAP.

.

Referencias bibliográficas

1. Figueroa-Antonio, A., F. Pineda-Rodríguez, S A Godínez-Jaime, D. Vargas-Álvarez, and E. Rodríguez-Bataz. 2018. Gastrointestinal parasites of bovine and caprine livestock in Quechultenango, Guerrero, México. Agroproductividad. 11:97–104.
2. Mendoza-de Gives, P., and J. F. de J. Torres-Acosta. 2024. Diagnóstico y control sustentable de nematodos gastrointestinales en ovinos y caprinos en la era de la resistencia antihelmíntica. (P. Mendoza-de Gives and J. F. de J. Torres-Acosta, editors.). Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.
3. Paixão, A., C. Simões, A. Ulima, M. Pires, M. D. Lucombo, F. S. Diogo, J. Arece-Garcia, and J. L. Sanabria. 2019. Gastrointestinal strongyles parasitizing goats and sheep from the Wako-Cungo municipality, Angola. Rev. Salud Anim. 41:1–6. Available from: http://opn.to/a/eL0Kr
4. Reyes-Guerrero, D. E., A. Olmedo-Juárez, and P. Mendoza-De Gives. 2021. Control and prevention of nematodiasis in small ruminants: Background, challenges and outlook in Mexico. Rev. Mex. Ciencias Pecu. 12:186–204. doi:10.22319/rmcp.v12s3.5840.
5. Vargas-López, Samuel Bustamante-González, A., J. E. Ramírez-Bribiesca, A. Torres-Hernández, Glafiro Larbi, J. A. Maldonado-Jáquez, and Z. G. López-Tecpoyotl. 2022. Rescue and participatory conservation of Creole goats in the agro-silvopastoral systems of the Mountains of Guerrero, Mexico. Rev. la Fac. Ciencias Agrar. Univ. Nac. Cuyo. 54:153–162.

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN BACTERIAS DEL GÉNERO *Salmonella* AISLADAS DE ANIMALES EN MÉXICO.

Jesús Vázquez-Navarrete[1*], Manuel Alejandro Borquez-Román[2], Claudia Córdova-Barrios[3], Claudia Vázquez-Córdova[4]

[1]CENID-SAI, INIFAP; [2]Instituto Tecnológico de Sonora; [3]Hospital General del ISSSTE Querétaro; [4]UCQ

*Autor para correspondencia: vazquez.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Salmonella choleraesuis*, integrones, resistencia antimicrobiana.

Introducción

El género *Salmonella* están constituidas por más de 2,500 especies, siendo *S. choleraesuis, S. enteritidis* y *S. typhimurium* patógenos que infectan a varias especies de animales destinados a la producción pecuaria, lo cual ocasiona pérdidas económicas y causan además problema para la salud pública (Arcos, Mora, 2011). La salmonelosis es una enfermedad que está ampliamente distribuida y se trasmite principalmente por consumo de alimentos contaminados, unas variedades de alimentos han sido implicados como vehículos de transmisión de salmonelosis a los humanos, incluidos los de aves de corral, carne de res, carne de cerdo, huevos, leche, queso, pescado, mariscos, frutas, jugo y verduras (Khan et al., 2009). En México, cada año se reportan alrededor de 110 000 casos de salmonelosis asociados al consumo de agua y alimentos contaminados (Fuentes, 2013). Los medicamentos más auto recetados son ciprofloxacino, aminoglucósidos y tetraciclinas para el tratamiento de infecciones. Diversos reportes han mostrado un incremento en la emergencia del género *Salmonella* y *E. coli* con niveles significativos de resistencia a los antimicrobianos. En adición a la automedicación terapéutica, en veterinaria y el uso indiscriminado de antibióticos en la industria pecuaria. El objetivo de este trabajo fue identificar la presencia de integrones clase I y II para determinar la resistencia antimicrobiana en varios serotipos del género *Salmonella*, aisladas de alimentos y animales de importancia pecuaria en el noroeste de México.

Materiales y métodos

Se obtuvieron aislamientos de *Salmonella* spp. de importancia pecuaria, las pruebas bioquímicas fueron realizadas previamente por los laboratorios regionales de diagnóstico en la región noroeste del país. La Identificación se realizó por medios de cultivo selectivos, como Chromagar *Salmonella* y agar sulfito de bismuto, La serotipificación se realizó con antisueros contra los antígeno **"O"** y flagelares **"H"** en base al esquema de Kauffman y White. Las pruebas fenotípicas de resistencia antimicrobiana se realizaron mediante la técnica Kirby Bauer (método de difusión en agar). Por otro lado, se realizó extracción de ADN por el método *InstaGene matrix*, el cual fue utilizado para corroborar los aislamientos con el gene que codifica para la subunidad ribosomal *16Sr* y el gene *invA* que codifica para la invasión dentro del macrófago y sobrevivencia de *Salmonella* (Córdova, 2008). La identificación genotípica de la resistencia antimicrobiana, se realizó por medio de PCR en punto final y tiempo real utilizando los genes de las integrasas tipo 1 y dos que codifican para los integrones clase I y clase II respectivamente (Di Conza, 2005). Se obtuvieron 185 aislamientos, que fueron analizadas con pruebas bioquímicas, serotipificación y PCR (Cuadro1).

Cuadro 1. Aislamientos del género *Salmonella* obtenidos en el Noroeste de México

Muestras de	Origen de los aislamientos			
	Diferentes órganos	Alimentos	Heces fecales	Total
Bovinos	86	81	16	183
Porcinos	1			1
Aves	1			1
Total	88	81	16	185

Resultados

Tipificación serológica. La serotipificación, en base al esquema de Kauffman y White con al antígeno somáticos **"O"** (factores 1, 9, 12) y el antígeno flagelar "**H",** se encontró que 87 (47%) cepas fueron positivas *S. choleraesuis,* 20 (10.8%) fueron positivas a *S. enteritidis*, 22 (11.9%) cepas para *S. typhimurium*. El resto de los aislamientos el 30.3% no se pudieron serotipificar con este banco de antisueros.

Determinación fenotípica antimicrobiana. De las 185 cepas, las que presentaron mayor resistencia, fueron carbenicilina con 41 %, ampicilina con 39.46 % y cloranfenicol con 36%, mientras que los antibióticos, donde no hubo resistencia fueron amikacina, ceftriaxona y netilmicina. Como se observa los antimicrobianos de preferencia para ser utilizados como tratamiento de las infecciones siguen siendo los antimicrobianos pertenecientes a la familia de las penicilinas, ampicilina (AM) y carbenicilina (CB).

Identificación del gene *invA*. Se amplificó de un fragmento de 378 pb que corresponde al gene *invA* con el cual se corroboró el100 % de las cepas de *Salmonella*

Identificación de los genes de la integrasa clase I y II

De las 185 cepas de *Salmonella*, 69 (37.29%) presentaron el integron clase I, y solamente 2 cepas (1.1%) expresaron el gen de la integrasa clase II (Figura 2).

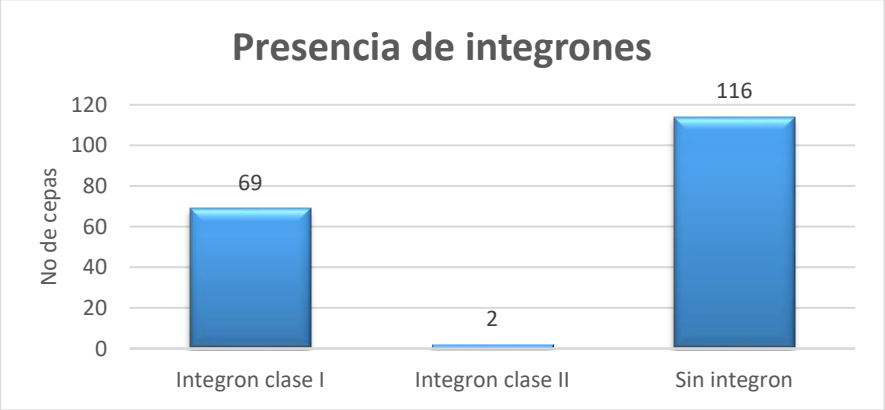


Figura 2. Presencia de integrones clase I y II en las 185 cepas estudiadas.

Comparación entre resistencia fenotípica y presencia de integrones

De las 185 cepas de *Salmonella* analizadas, 105 cepas (56.75%) fueron resistentes al menos a un antibiótico, 54 (29.18%) cepas fueron multirresistentes de las cuales 34 (62.96 %) presentaron el integrón clase I y ninguna presentó el integrón clase II, de las 51 (27.57%) cepas con resistencia menor a 3 antibióticos 20 presentaron integrones clase I y 2 la clase II; y de las 84 cepas que no fueron resistentes, 15 presentaron el integrón clase I y ninguna el integrón clase II. Hay una relación de más del 50% entre la resistencia a los antibióticos y la presencia del integrón clase I siendo en un 100% para Pefloxacina, un 90.47% para Trimetroprim-sulfametoxazol

Discusión y conclusiones

En este estudio se encontró una resistencia, para CB de 41 %, para AM de 39.46 % y CL de 36 %, Córdova (2008), encontró un perfil de resistencia para AM de un 35.5% y para CB de un 96.8%, Inocencio (2011), obtuvo un perfil de resistencia para AM de un 29% y para CB un 39%, Douadi *et al.* (2010), para AM un 29.7%; también se obtuvo un valor alto de resistencia a un anfeenicol que es el cloranfenicol (CL). Otros autores también obtuvieron valores altos de resistencia para este antimicrobiano, un 27%, Douadi *et al.* (2010), encontró un 56.8% que como se observa también sigue siendo uno de los antimicrobianos más utilizado desde hace muchos años para el control de la salmonelosis en la producción porcina mundial a pesar de ser prohibido por producir aplasia medular en niños (Mejía *et al.,* 2008), a pesar de la creación de un anfenicol de nueva generación (florfenicol).

De las 185 cepas de *Salmonella*, 69 (37.29%) presentaron el integron clase I, y solamente 2 cepas (1.1%) expresaron el gen de la integrasa clase II. En otros estudios (Córdova, 2008) encontró la presencia del integron I en 22 (38.59 %) y el integron clase II en 22 (38.59 %). Por lo tanto, la presencia de los integrones varió entre un estudio y otro ya que cada clase de integrón codifica resistencia a distintos antibióticos y como en los estudios no hubo el mismo origen de las cepas, los antibióticos empleados no fueron los

mismos y como el integrón clase I tiene la capacidad de incorporar más de 60 genes de resistencia principalmente a aminoglucósidos como la gentamicina, amikacina, Penicilinas, cefalosporinas, trimetoprim/sulfonamidas, tetraciclina, eritromicina, Cloranfenicol por tal motivo la presencia de este integron se encontró con mayor frecuencia, esto corrobora con otros autores (Coque-González, 2005), Cambray *et al.* (2010).

Los integrones son considerados elementos genéticos que pueden integrar genes de resistencia en bacterias y así estas generen multiresistencia. Se han encontrado relaciones entre multiresistencia y presencia de integrones clase I de un 66.66% en el Estado de México (Córdova 2008), un 20.33% (Lin-Thong y Modarressi, 2011). Estos valores altos nos indican que sí hay relación entre la multiresistencia y la presencia de integrones de clase I ya que estos son los que más se relacionan con la inserción de genes para resistencia a antibióticos (Cambray 2010).

El integrón clase I confiere resistencia principalmente a: aminoglucósidos como la gentamicina, amikacina, penicilinas como la ampicilina y la carbenicilina, cefalosporinas, trimetoprim/sulfonamidas, tetraciclina, eritromicina, cloranfenicol. Mientras que el integrón clase 2 se presentó solamente en 2 cepas resistentes a cloranfenicol. El integrón clase II tiene la capacidad de portar genes con resistencia a antibióticos como son cloranfenicol, kanamicina, estreptomicina, sulfadiacina, trimetoprim, mercurio, amonio cuaternario, tetraciclina y estreptomicina (Córdova, 2008). Con los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye que estos aislamientos portan cuando menos las dos clases de integrones y que existe una correlación con el perfil obtenido con los antibiogramas y la multirresistencia.

Referencias bibliográficas

1. Arcos-Ávila E. C.; Mora-Cardona L., Determinación de la prevalencia y resistencia antimicrobiana de *Salmonella* spp en carne porcina y fómites de 6 plantas de beneficio y 14 expendios del departamento del Tolima, Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ibagué-Tolima, 2011, pp. 90.
2. Cambray G.; Sanchez-Alberola N.; Campoy S.; Guerin É.; Da-Re S.; González-Zorn B.; Ploy MC; Barbé J.; Mazel D.; Erill I.; Prevalence of SOS-mediated control of integron integrase expression as an adaptive trait of chromosomal and mobile Integrons, 2011, http: //www.Mobilednajournal.com/content/2/1/6.
3. Coque-González M. T., Papel de los integrones en la resistencia a los agentes antimicrobianos, Enferm Infecc Microbiol Clin, 2005; 23(5):251-3.
4. Córdova B. C., Estudio de la Resistencia antimicrobiana en cepas de *Salmonella entérica*, serotipos Enteritidis, *Typhi* y *Gallinarum*, aisladas de aves y humanos (tesis de diplomado). México DF: Universidad Autónoma de México, 2008.
5. Di Conza J.; Ayala J.; Porto A.; Mollerach M.; Gutkind G., Molecular characterization of InJR06, a class 1 integron located in a conjugative plasmid of *Salmonella enterica* ser. *Typhimurium*, International Microbiology, 2005, Vol. 8, pp. 287-290
6. Douadi B.; Lin-Thong K.; Watanabe H. and Devi-Puthucheary S., Characterization of Drug-Resistant *Salmonella enterica Serotype Typhimurium* by Antibiograms, Plasmids, Integrons, Resistance Genes, and PFGE, J. Microbiol. Biotechnol.,2010, 20(6): 1042–1052.
7. Fuentes A.; Talavera R.; Vázquez N., Presencia de integrones clase I en Escherichia coli aislada de productos cárnicos en plantas Tipo Inspección Federal (TIF) en el Estado de México, Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CENID. Microbiología Animal, RVM, 2013, pp. 23-30.
8. Khan A.; Ponce E.; Nawaz M.; Cheng C.; Khan J.; West C., 2009, Identification and Characterization of Class 1 Integron Resistance Gene Cassettes among Salmonella Strains Isolated from Imported Seafood, Applied and Environmental Microbiology, Vol. 75, No. 4, p. 1192–1196
9. Lin-Thong K. y Modarressi S., 2011, Antimicrobial resistant genes associated with *Salmonella* from retails meats and street foods, Food Research international 44: 2641-2646.

EXPRESIÓN GÉNICA DE HCO-PGP-1 y HCO-PGP-16 EN UNA CEPA DE *Haemonchus contortus* RESISTENTE A IVERMECTINA EXPUESTA AL COMPUESTO ÁCIDO GÁLICO.

Jesús Velázquez-Antunez[1], Agustín Olmedo-Juárez[2], Rolando Rojo-Rubio[1], René Camas-Pereyra[2], Jocelyn Maza-Lopez[3], M. Eugenia López-Arellano[2], Pedro Mendoza-de Gives[2], David E. Reyes-Guerrero[2]*

[1]Centro Universitario UAEM-Temascaltepec; [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI-INIFAP), [3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM.

*Autor para correspondencia: reyes.david@inifap.gob.mx

Palabras clave: ácido fenólico, resistencia antihelmíntica, P-glicoproteínas

Introducción

Los nematodos gastrointestinales (NGI) son parásitos que dañan la salud de los rumiantes en pastoreo (ovinos, caprinos y bovinos), principalmente a animales jóvenes y hembras gestantes, lo cual provoca disminución de su potencial zootécnico, generando pérdidas económicas dentro de la industria ganadera a nivel mundial. Entre los NGI más frecuentes que afectan a rumiantes se encuentran los generos: *Haemonchus, Trichostrongylus*, *Nematodirus*, *Oesophagostomum*, *Cooperia*, *Teladorsagia* y *Chabertia*. Los antihelmínticos (AH) son el producto comercial actualmente disponibles para el control de NGI, sin embargo, su uso inadecuado de los mismos ha ocasionado resistencia antihelmíntica (RA) y contaminación de suelos. El nematodo *H. contortus*, es considerado como modelo biológico de estudio en el control de los NGI y mecanismos de RA, debido a su alta prevalencia en regiones tropicales y resistencia generada a las diferentes familias de fármacos AH, siendo una de los principales las lactonas macrocíclicas (LM), representada por la ivermectina (IVM) y utilizada ampliamente en la ganadería por su actividad endectocida (Whittaker et al., 2017). Las P-glicoproteínas (P-gp), son transportadores transmembranales que participan en la detoxificación de productos xenobióticos y moléculas hidrofóbicas como la IVM, siendo esto uno de los principales mecanismos asociado a la resistencia a IVM en *H. contortus* (Whittaker et al., 2017). A este respecto, es necesario el estudio e implementación de alternativas terapéuticas para mitigar el impacto de la RA en la producción pecuaria, tales como el uso de compuestos bio-activos y secundarios, derivados de plantas con propiedades antihelmínticas. El ácido gálico (ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico) es un compuesto presente en plantas de la familia Fabaceae que se ha reportado con efecto nematicida en fases del parásito *H. contortus.* Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue analizar los niveles expresión relativa de los genes Hco-pgp-1 y Hco-pgp-16 en una cepa de *Haemonchus contortus* resistente a IVM expuesta al compuesto secundario ácido gálico.

Materiales y métodos

Localización: El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Helmintología, correspondiente al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID-SAI), INIFAP en Jiutepec, Morelos.

Obtención del ácido gálico: Este compuesto fenólico fue adquirido de forma comercial en la empresa Sigma-Aldrich, CAS No. 149-91-7 (St Louis, MO, Estados Unidos).

Larvas infectantes (L_3) de H. contortus resistentes a IVM: En el presente estudio se utilizó germoplasma de referencia de un aislado mexicano de *H. contortus* previamente caracterizado como resistente a IVM por Reyes-Guerrero et al., (2020) mediante ensayos *in vitro*, perfiles de transcripción y expresión diferencial. Para obtener las L_3 se llevó a cabo la infección vía oral de un ovino de tres meses de edad (peso de 20kg de peso vivo) con una dosis de 7,000 L_3 de *H. contortus*. Después de un periodo de 21 días y de la confirmación de la infección mediante la técnica de McMaster, se llevó a cabo la realización de coprocultivos y la técnica de Baermann para obtener larvas (L_3) de *H. contortus* resistentes a IVM.

Exposición de L_3 de H. contortus al compuesto ácido gálico y purificación de RNA: Estudios previos mostraron concentraciones letales 50 y 90 del ácido gálico sobre la cepa de *H. contortus* resiste a IVM. En este estudió 12,000 L_3 de *H. contortus* fueron expuestas a 10.62 mg/mL disuelto en 3 mL de agua destilada en placas de microtitulación de seis pozos. Adicionalmente, se incluyó un grupo control en agua destilada.

Después de tres y seis horas de incubación post-exposición, las L_3 fueron recuperadas y transferidas al reactivo comercial Trizol® (Thermo Fisher Scientific, USA) para la purificación de RNA total. Enseguida, las L_3, mantenidas en Trizol® fueron lisadas con un homogeneizador (BeadBug®, Benchmark Scientific, USA) para la realización de los procesos de purificación de RNA, mediante extracción con cloroformo e isopropanol, seguido de una precipitación con etanol al 75%, de acuerdo al protocolo modificado del fabricante. La concentración y la pureza del RNA se estimó por espectrofotometría a la relación de densidad óptica 260/280 nm, utilizando un nanofotómetro (Implen, USA).
Síntesis de cDNA, ensayos de qPCR y expresión génica: Se llevó a cabo la síntesis de cDNA a partir de 300 ng de RNA de cada muestra experimental a través del kit comercial ImProm-II Reverse Transcription System (Promega, USA) y el Termiciclador (Biorad, USA), siguiendo las indicaciones del fabricante. Posteriormente, las reacciones de qPCR se llevaron a cabo utilizando los oligonucleótidos y condiciones previamente reportadas por Reyes-Guerrero y Cedillo-Borda et al., (2020). Finalmente, se llevó a cabo un análisis de expresión relativa de los genes de interés Hco-Pgp-1 y Hco-pgp-16 de *H. contortus* resistente a IVM, utilizando el método 2^(-ΔΔCt), basado en los valores del ciclo umbral (Ct) de cada gen. Los genes GAPDH y β-tubulina, fueron utilizados como genes de referencia y datos de Ct de L_3 sin tratamiento fueron incluidos como grupo control. El análisis de datos se realizó en la plataforma web GeneGlobe Data Analysis Center de Qiagen® (https://geneglobe.qiagen.com/us/analyze/).

Resultados y discusión
El análisis de la expresión relativa de los genes Hco-pgp1 y Hco-pgp16 en *H. contortus* (L_3) resistente a IVM, fue comparado a las 3 y 6 horas post-exposición al ácido gálico, resultando incremento en los niveles de transcritos a las 3 horas para la Hco-pgp16 con un valor de 4.81 veces más (fold-change) respecto a los genes de referencia y grupo control, mostrando un incremento de 20 veces mayor que el gen Hco-pgp1 a las mismas horas. En contraste, el gen Hco-pgp1 mostró valores de decremento de la expresión de 0.23 veces respecto a los genes constitutivos usados. Estos valores sugieren que las larvas de *H. contortus* al estar presionadas con el ácido gálico, estas podrían estar activando mecanismos de eflujo celular de agentes xenobióticos mediante la regulación del gen Hco-pgp16 y funcionalidad de la P-gp. Resultados similares reportaron Reyes-Guerrero et al. (2020) donde se observó un incremento en la sobre-expresión del gen Hco-pgp16 en el estadio de vida libre L_3 y estadios endoparásitos (xL_3 y adulto) en el aislado de *H. contortus* con presión a IVM en campo, los cuales sugieren la detoxificación de moléculas xenobióticas como los AH y al mismo tiempo en los procesos de desarrollo de mecanismos de resistencia. Por otra parte, a las 6 horas post-exposición del ácido gálico, ambos genes bajo estudio, Hco-Pgp1 y Hco-Pgp16 presentaron valores sub-expresados de 0.24 y 0.42, respectivamente en comparación al grupo control y genes de referencia. A pesar de que la Hco-pgp16 fue la única que presentó una sobre-expresión a las 3 horas, no hubo diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos y grupo control. En un estudio similar realizado por Pacheco et al., (2022), se observó el decremento de la expresión relativa del gen Hco-pgp 9 en un aislado de *H. contortus* resistente a IVM expuesto a los compuestos quercetina y limoneno. Esto sugiere que los valores de expresión relativa y regulación de los genes Hco-pgp parecen depender de los aislados de *H. contortus* y de la exposición de diferentes compuestos como sustratos de P-gp, destacando la importancia de monitorear y comprender estos mecanismos moleculares, para mejorar el control de los NGI, disminuyendo la dispersión de la RA en campo.

Conclusiones
En este estudio el gen Hco-pgp-16 se muestra con incremento de su regulación en L_3 de *H. contortus* resistente a IVM como una respuesta inicial a la exposición del compuesto ácido gálico durante las tres primeras horas post-tratamiento, sugiriendo la activación de mecanismos de eflujo celular para la adaptación y tolerancia de productos xenobióticos como el ácido gálico y la IVM. Estos hallazgos pueden tener implicaciones para el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas alternativas a los AH actualmente disponibles para el control de NGI y con el objetivo de mejorar su efectividad y retrasar la aparición de la resistencia a IVM y otros AH.

Agradecimientos
Se gradece al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad por brindar todas las facilidades para llevar a cabo la presente investigación. Se agradece al SECIHTI la beca de doctorado otorgada al M. en C. Jesús Velázquez Antúnez, con numero: 1037950.

Fuente financiadora
Parte de este trabajo fue financiado por el INIFAP, proyecto SIGI: 9254136498 “Efecto antihelmíntico de tres ácidos fenólicos en combinación con ivermectina sobre una población de *Haemonchus contortus* resistente a este fármaco”.

Referencias bibliográficas

1. Cedillo-Borda M, López-Arellano ME, and Reyes-Guerrero DE, (2020). *In vitro* assessment of ivermectin resistance and gene expression profiles of P-glycoprotein genes from *Haemonchus contortus* (L3). Bio-protocol, e3851-e3851.
2. Pacheco, P. A., Louvandini, H., Giglioti, R., Wedy, B. C. R., Ribeiro, J. C., Verissimo, C. J., Katiki, L. M. (2022). Phytochemical modulation of P-Glycoprotein and its gene expression in an ivermectin-resistant Haemonchus contortus isolate in vitro. Veterinary parasitology, 305, 109713.
3. Prichard R, Ménez C, Lespine A, (2012). Moxidectin and the avermectins: Consanguinity but not identity. Int J Parasitol: Drugs Drug Resist 2, 134-153. https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2012.04.001
4. Reyes-Guerrero DE, Cedillo-Borda M, Alonso-Morales RA, Alonso-Díaz MA, Olmedo-Juárez A, Mendoza-De-Gives P, López-Arellano ME, (2020). Comparative study of transcription profiles of the P-glycoprotein transporters of two *Haemonchus contortus* isolates: Susceptible and resistant to ivermectin. Mol Biochem Parasitol 238, 111281. https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2020.111281
5. Whittaker, J. H., Carlson, S. A., Jones, D. E., Brewer, M. T. (2017). Molecular mechanisms for anthelmintic resistance in strongyle nematode parasites of veterinary importance. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 40(2),105-115.

EVALUACIÓN DE MUESTREO GRUPAL DE MÍNIMA INVASIÓN PARA DIAGNÓSTICO DE AGENTES VIRALES DE MAYOR IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN DE RUMIANTES EN MÉXICO.

Alejandra Vargas-Vera[1] José Francisco Rivera-Benítez [2], Ulises Jesús Bautista- Pérez[1], Abel Manuel Trujillo- García[1], Eduardo Martín Cabrera Domínguez[1] y Jazmín De la Luz Armendáriz[1*]

[1] DMZR-FMVZ,UNAM [2] CENID SAI, INIFAP.

[*]Autor para correspondencia: delaluzarmendarizj@fmvz.unam.mx

Palabras clave. rumiantes, muestreo, virus.

Introducción.
México cuenta con alrededor de 58 millones de cabezas de rumiantes en producción (cabras, borregos y vacas) cuyo objetivo es incentivar la producción animal en beneficio económico y alimentario de la población humana. Los principales agentes virales identificados en rumiantes pertenecen a la familia *retroviridae* (leucosis bovina y lentivirus de pequeños rumiantes), *Herspesviridae* (herpesvirus caprino y Bovino), *Flaviviridae* (virus de la diarrea viral bovina), Poxviridae (ectima contagioso) y *Paramixoviridae* (Virus respiratorio sincitial y respirovirus). Los virus al infectar a los rumiantes causan signos clínicos sistémicos o multisistémicos provocando decremento en la producción, además, se ha demostrado que, bajo ciertos mecanismos de replicación suelen decrementar la respuesta inmune del huésped predisponiendo a la coinfección con otros agentes. Para realizar el diagnóstico viral es necesario recurrir a muestreos como es la colecta sanguínea por veno punción (yugular o coccígea), toma de muestras por hisopados en diferentes regiones anatómicas (oral, nasal, rectal, prepucial y vaginal) o biopsia de algún órgano, estos muestreos requieren manejos de contención invasivos, y se ha demostrado que causan estrés en los rumiantes provocando decrementando en la producción y predisposición a otras enfermedades o lesiones. Para reducir el estrés durante la toma de muestras, se creó un muestreo grupal de mínima invasión con cuerdas de algodón y ha sido ampliamente documentado en cerdos como un muestreo de elección para diagnóstico molecular de enfermedades virales como síndrome respiratorio y reproductivo porcino, influenza, circovirus, rubulavirus, coronavirus, entre otros.

Objetivo
Determinar la capacidad de la muestra de fluido oral obtenida por un muestreo grupal de mínima invasión para realizar la identificación molecular de los agentes virales que afectan la producción de rumiantes.

Materiales y métodos
Obtención de muestras
La toma de muestras se llevó a cabo en Querétaro, Estado de México, Ciudad de México y Aguascalientes. En total se trabajó con 36 corrales en diferentes unidades de producción, 12 fueron de cabras, 12 de borregos y 12 de vacas. El criterio de selección fue la observación de signos clínicos característicos de la infección de los virus a identificar. Se realizó la toma de muestra de fluido oral (FO) colocando una cuerda de algodón en cada corral de 5 a 15 minutos dependiendo de la especie y en tres animales del corral se realizó el muestreo convencional por toma de hisopado oral (HO). El FO e HO fueron congelados a -20°C hasta su procesamiento.
Extracción de material genético
El total de muestras de Fo e HO, 36 y 108 respectivamente, se emplearon para realizar la extracción de material genético. Para la identificación de virus de leucosis (vLe), lentivirus de pequeños rumiantes (LvPR), herpesvirus bovino tipo 1 (HvBo1), Herpesvirus caprino tipo 1 (HvCa1) y Poxvirus (Pov) se extrajo ADN y para los virus de la diarrea viral bovina (vDVB), virus respiratorio sincitial (vRS) y respirovirus (Rv) se hizo extracción de ARN. Para la extracción se utilizaron los paquetes comerciales de la marca QIAGEN siguiendo las instrucciones del fabricante.
Identificación molecular
Para realizar la amplificación de un fragmento específico de vLe, LvPR, HvBo1, HvCa1 y Pov se realizó la prueba de reacción en cadena de la polimerasa en punto final y para vDVB, vRS y Rv se realizó la prueba

de reacción en cadena de la polimerasa con retrotranscripción en punto final y tiempo real. Estas pruebas fueron estandarizadas y evaluadas previamente en el laboratorio de virología del CENID-SAI, INIFAP.

Resultados

Los resultados obtenidos demuestran que la obtención de fluído oral empleando un método de mínima invasión con cuerdas de algodón permite realizar el diagnóstico molecular del vLe, LvPR, HvBo1, HvCa1, Pov, vDVB, vRS y Rv en unidades de producción intensivas de cabras, borregos y vacas. En el Cuadro 1 se muestra el porcentaje de muestras positivas identificadas y comparadas entre los dos tipos de muestreo.

Cuadro 1. Porcentaje de muestras positivas identificadas para cada virus.

	vLe		**HvBo**		**DVB**		**vRS**		**Rv**		**LvPR**		**Pov**		**HvCa**	
Especie	**FO**	**HO**	**FO**	**HO**	**FO**	**HO**	**FO**	**HO**	**FO**	**HO**	**FO**	**HO**	**FO**	**HO**	**FO**	**HO**
Vacas	50	56	70	69	42	42	15	20	33	40	NA					
Cabras					33	39	10	20	13	20	95	100	92	94	50	53
Borregos	NA				50	47	8	10	20	27	83	86	87	83	33	31

vLe virus de leucosis, **HvBo1** herpesvirus bovino tipo 1, vDVB virus de la diarrea viral bovina, **vRS** virus respiratorio sincitial,**Rv** respirovirus, **LvPR** lentivirus de pequeños rumiantes, **Pov** Poxvirus, **HvCa1** Herpesvirus caprino tipo 1, **FO** fluído oral e **HO** hisopado oral.

Discusión

Zimmerman J. et al, en 2010 determinaron que el muestreo de fluido oral obtenido por medio de cuerdas trenzadas de algodón es una opción para disminuir el estrés durante el muestreo de cerdos, en nuestro estudio confirmamos que la contención y manejo de los animales disminuye al emplear este tipo de muestreo pero es fundamental trabajar en el condicionamiento operante y adaptarlo a cada especie para que sea funcional. Diferentes autores como Gerszon J. et al, 2024 han realizado investigaciones para realizar diagnóstico de enfermedades virales en cerdos demostrando que la muestra de fluido oral permite conocer el estatus sanitario grupal en unidades de producción de cerdos, nuestros resultados demuestran que esta muestra es de elección para diagnóstico de los principales agentes virales que infectan a los rumiantes productore en nuestro país.

Conclusiones

La toma de muestra de fluido oral empleando un muestreo grupal de mínima invasión con cuerdas de algodón es de elección para realizar el diagnóstico molecular de virus perteneciente a las familias *retroviridae* (leucosis bovina y lentivirus de pequeños rumiantes), *Herspesviridae* (herpesvirus caprino y Bovino), *Flaviviridae* (virus de la diarrea viral bovina), *Poxviridae* (ectima contagioso) y *Paramixoviridae* (Virus respiratorio sincitial y respirovirus) que se asocian a signos clínicos que causan el decremento en el bienestar y producción de cabras, borregos y vacas de México.

Agradecimiento

Productores que nos permitieron tomar las muestras, laboratorio de diagnóstico serológico y molecular del Departamento de Medicina y Zootecnia de Rumiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

Fuente financiadora

FONSEC-SAGARPA-CONACYT, 2017-06-292826.

.

Referencias bibliográficas

1. Boulbria, Gwenaël, et al. "Feasibility of pooled oral fluid collection from pre-weaning piglets using cotton ropes." *Veterinary and Animal Science* 9 (2020): 100099.
2. De la Luz-Armendáriz, Jazmín, et al. "Distribution of Small Ruminant Lentivirus Genotypes A and B in Goat and Sheep Production Units in Mexico." *Veterinary Sciences* 12.3 (2025): 204.
3. Fulton, Robert W. "Viruses in bovine respiratory disease in North America: Knowledge advances using genomic testing." *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* 36.2 (2020): 321-332.
4. Gerszon, Joanna, et al. "The use of oral fluids and sock samples for monitoring key pathogens in pig populations for surveillance purposes." *Preventive Veterinary Medicine* 228 (2024): 106237.
5. Seddon, Y. M., J. H. Guy, and S. A. Edwards. "Optimising oral fluid collection from groups of pigs: effect of housing system and provision of ropes." *The Veterinary Journal* 193.1 (2012): 180-184

PREVALENCIA Y FACTORES ESTACIONALES ASOCIADOS A LOS HALLAZGOS PATOLÓGICOS EN HÍGADO Y PULMÓN DE BOVINOS DEL CENTRO DE TAMAULIPAS EN UN RASTRO TIF.

Sara Margarita Blizzard-Tapia*, Jorge Loredo-Osti, Luis Mario Leyva-Zapata, Verónica Carvajal-de la Fuente; Miguel Ruiz-Albarrán, Hugo Brígido Barrios-García y José Vázquez-Villanueva

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata", Universidad Autónoma de Tamaulipas.

*Autor para correspondencia: sarablizztap@gmail.com

Palabras clave: inspección *post mortem*, hallazgos patológicos**,** decomisos.

Introducción

Las alteraciones hepáticas y pulmonares en bovinos son un problema que se encuentra distribuido en todo el mundo, cuantificar su frecuencia ha resultado problemático en algunos países dada su dificultad para detectarlas macroscópicamente o mediante la evaluación de heces, sin embargo, se puede tener un estimado de su prevalencia cuando se realiza una inspección sanitaria tras ser sacrificados en un centro de matanza o rastro. La inspección *post mortem* tiene como objetivo principal dictaminar si la carne o vísceras son o no aptas parcial o totalmente para ser destinadas al consumo humano. Las causas más comunes del decomiso de vísceras rojas han sido aquellas asociadas a la existencia de *Fasciola* y abscesos en hígado, y neumonía y hemorragias en pulmón, entre otras. La evaluación de la frecuencia de los hallazgos patológicos más comunes de estos órganos realizada en rastros proporciona información epidemiológica adicional que nos ayuda a conocer la magnitud de la enfermedad, su variación estacional u otros factores asociados a estas patologías en nuestro estado. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la prevalencia de las alteraciones en hígado y pulmón de bovinos del centro de Tamaulipas mediante inspección *post mortem* y su asociación con la estación del año.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un rastro TIF de Cd. Victoria, Tamaulipas. El universo de individuos lo constituyeron todos los bovinos sacrificados en el periodo de agosto de 2024 a junio de 2025 (N = 2,451). El tipo de estudio fue epidemiológico observacional.

Los decomisos se realizaron por parte de Médicos Veterinarios acreditados, siguiendo el procedimiento de inspección para hígado y pulmón del Manual de buenas prácticas pecuarias de (SENASICA 2014). Para hígado: se observó y palpó toda la superficie del parénquima por ambos lados, y se realizó el laminado de ganglios linfáticos regionales, posteriormente se hizo una incisión del lóbulo caudal para exponer los conductos biliares con ayuda del cuchillo, finalmente se hizo una incisión de los nódulos hepáticos y se inspecciono el conducto biliar. Para pulmón: se abrió la tráquea y bronquios con cuchillo y se cortaron las partes inferiores de los pulmones suspendidos, por último, se hizo una incisión de los nódulos linfáticos bronquiales y mediastínicos.

Análisis de datos: Los resultados de los hallazgos patológicos se representan mediante frecuencias relativas. La asociación entre la prevalencia de estas alteraciones y la temporalidad se realizó mediante a prueba de chi cuadrada, con un novel de significancia α=0.05 utilizando el programa Past v.4.03.

Resultados

De las 2,967 canales de bovinos evaluadas se encontró 153 hígados con alteraciones que motivaron su decomiso (5.16%). En pulmón, se observaron 148 casos (4.99%). Los hallazgos patológicos encontrados con mayor frecuencia fueron:

Hígado:

Fascioliasis. Figura 1a: Se presenta hepatomegalia, ictericia, daño tisular del parénquima, fibrosis y cicatrización (probablemente por una infección prolongada). Figura 1b: Se observa presencia del parasito en su forma adulta, además se distinguen cambios en los conductos biliares en los cuales se observan obstruidos, con colangitis y estenosis. El número de hígados con esta enfermedad fue de 59 (1.99%). *Abscesos.* Figura 2: Se observa sobre el parénquima hepático múltiples sitios focales con lesiones

redondeadas circunscritas, con presencia de pus en su interior. Además, se distingue la presencia de adherencia del ligamento triangular. Su prevalencia fue de 1.42% (42 casos). *Adherencias / fibrosis.* Figura 3: Se pueden observar áreas de tejido fibroso que conectan la superficie del hígado con estructuras adyacentes, una superficie hepática irregular y una distorsión en la estructura del hígado. Se presentaron 19 casos dando una prevalencia de 0.64%. Además, con menor frecuencia se decomisaron hígados debido a la presencia de degeneración grasa (0.61%), de telangiectasia (0.20%) y cambios de coloración (0.10%).

Pulmón:

Neumonía. Figura 4: Se muestra distención del tejido pulmonar con consistencia suave y gomosa al tacto. Además, se distinguen levemente impresiones costales en la superficie pulmonar. Su prevalencia fue de 2.63% correspondiente a 78 casos. *Hemorragia.* Figura 5: Se observa congestión con cambios de coloración morado- rojizas debido a la acumulación de sangre en los vasos sanguíneos. Se presentaron 32 casos (1.08%). *Enfisema.* Figura 6: Se distingue con un aumento de tamaño, sin colapsar, con burbujas de aire y cambios de coloración morado- rojizas. Se presentó una prevalencia de 0.57 % correspondiente a 17 casos. También se observó una menor frecuencia en decomisos de pulmón con presencia de abscesos (0.37%) y adherencias (0.20%).

La tabla 1 muestra la asociación de las lesiones encontradas en los decomisos de hígado y pulmón respecto a la temporada estacional. Es en primavera donde se observó una mayor frecuencia de alteraciones como adherencias, neumonía y enfisema ($p<0.05$), mientras que la Fascioliasis se presentó en mayor medida en los meses de enero, febrero y marzo ($p<0.05$).



Figura1. a) Hígado con fascioliasis. b) *Fasciola hepatica* adulta.



Figura 2. Presencia de abscesos en hígado.



Figura 3. Adherencias en hígado.



Figura 4. Pulmón con neumonía intersticial.



Figura 5. Pulmón hemorrágico.

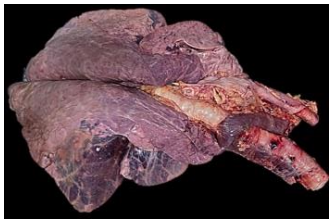


Figura 6. Pulmón con enfisema.

Tabla 1. Prevalencias de los hallazgos patológicos según la estación del año.

Estación del año	Hígado			Pulmón		
	Fasciola	Abscesos	Adherencias	Neumonía	Hemorragia	Enfisema
Primavera (n=547)	0.37	1.28	1.83	6.30	1.53	1.53
Verano (n=694)	1.30	1.01	0.14	0.29	1.59	0.14
Otoño (n=1056)	2.56	1.71	0.57	3.69	0.57	0.66
Invierno (n=670)	3.13	1.49	0.30	0.00	1.05	0.15
Valor de p	0.002	0.669	0.001	<0.001	0.171	0.007

Discusión

Las frecuencias de decomisos de hígado y pulmón registradas en este trabajo (5.16% y 4.99%) difieren a lo reportado en otros estudios, ya sea en mayor o menor medida (Colmenares Rivera et al., 2021). Sin embargo, coincide en muchos de ellos en los dos principales hallazgos patológicos encontrados en los dos órganos: fascioliasis y abscesos en hígado; y neumonías y hemorragia en pulmón (Quintana Montoya,

2022). Estas diferencias entre prevalencias de distintas investigaciones son entendibles, dado que los factores que inciden en estas alteraciones son variados y fluctúan de región en región. La fascioliasis es una enfermedad zoonótica con implicaciones en la salud pública, de ahí su importancia en la eliminación del caracol del género *Lymnaea* que es el huésped intermediario del parásito. Tanto los abscesos en hígado como las neumonías en pulmón tienen como causa principal la presencia de microorganismos, especialmente de origen bacteriano y viral, donde su inhibición no solo consiste en el uso de medicamento habitual, sino que su prevención debe de realizarse de manera integral, ya que según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Fundación Internacional Carrefour (2007), en la presencia de este tipo de enfermedades, incluyendo a la *Fasciola hepatica* que es un parásito, existe una etiología compleja, donde además de los agentes infecciosos se incluye varios factores como el estrés físico, factores regionales, factores propios del huésped y factores temporales. En relación con esto último, este estudio registró asociación estadística entre la temporada del año y la presencia de 4 de las 6 principales patologías encontradas. El decomiso de estas vísceras representa una pérdida económica directa para los productores, sin embargo, esta disminución de los montos monetarios se magnifica si se toma en cuenta los efectos negativos que provocan estas enfermedades al bovino cuando está vivo, entre las que se incluyen la disminución de la producción, problemas reproductivos e incluso la muerte del animal (Alpízar et al., 2013).

Conclusión

La prevalencia de alteraciones en hígado y en pulmón de bovinos del centro de Tamaulipas sacrificados en un rastro TIF fue de 4.90% y 3. 51%, respectivamente. Los hallazgos patológicos más frecuentes en hígado fueron fascioliasis, abscesos y degeneración grasa, mientras en pulmón se presentaron con más frecuencia los casos de neumonía, hemorragia y abscesos. En primavera se observó una mayor prevalencia de adherencias, neumonía y enfisema. Durante el invierno se observó un incremento en la prevalencia de lesiones por *Fasciola hepática*. El registro de los hallazgos patológicos en rastro puede constituir una herramienta de vigilancia epidemiológica eficaz para el monitoreo de estas alteraciones presentes en el ganado doméstico. Este estudio proporciona la primera descripción epidemiológica de estos hallazgos patológicos en el centro de Tamaulipas.

Referencias bibliográficas

1. Alpízar, C. E., Bianque de Oliveira, J., Jiménez, A. E., Hernández, J., Berrocal, A., & Romero, J. J. (2013). *Fasciola hepatica en ganado bovino de carne en Siquirres y lesiones anatomo-histopatológicas de hígados bovinos decomisados en mataderos de Costa Rica*. Agronomía Costarricense**, 37**(2), 7–16. https://www.mag.go.cr/rev-agr/index.html
2. Colmenares Rivera, E. L., Rodil Bestene, J. A., & Crosby Granados, R. A. (2021). *Determinación de causas y pérdidas económicas por decomisos presentes en vísceras rojas en el frigorífico del municipio de Arauca*. Universidad Cooperativa de Colombia, Campus Arauca.
3. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), & Fundación Internacional Carrefour. (2007). *Buenas prácticas para la industria de la carne*. FAO
4. Quintana Montoya, N. (2022). *Decomiso de vísceras de bovinos beneficiados en el camal Jo S.A.C. de la ciudad de Lima* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Abancay, Perú. https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1275/T_080.pdf
5. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2014). *Manufactura para establecimientos de sacrificio bovinos tipo Inspección Federal*. SENASICA.

ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL DE LA TUBERCULOSIS BOVINA EN MÉXICO, 2019-2024.

Susana Flores-Villalva[1*], Miguel Galarde-López[1], Roxana Gamez-Ortiz[2], Mauricio Pineda-Mundo[2], Fernando Uriel González-Domínguez[2], José Alberto Castañeda-Ramos[2], Antonio Reyna-Sevilla[3]

[1] Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. [2] Escuela de Salud Pública de México, Instituto Nacional de Salud Pública. [3] Dirección de Prestaciones Médicas, Instituto Mexicano del Seguro Social

*Autor para correspondencia: flores.susana@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tuberculosis, bovinos, vigilancia epidemiológica, salud pública.

Introducción

La tuberculosis bovina (TBb) causada por *Mycobacterium bovis*, es una de las enfermedades zoonóticas con mayor impacto económico y sanitario en la industria ganadera a nivel mundial. Sus efectos incluyen pérdidas significativas en la productividad, decomisos en rastro, restricciones en la comercialización de ganado y sus derivados, así como un riesgo potencial para la salud pública debido a su capacidad de transmisión a humanos. En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-031-ZOO-1995 ha dictado las medidas de diagnóstico, control y erradicación de la TBb. Este programa basado en la estrategia de "prueba y sacrificio", ha tenido importantes avances, y aunque la enfermedad aún es endémica, actualmente se reconoce que cerca del 70% del territorio nacional tiene una prevalencia menor del 0.5% [1]. No obstante, factores como los altos costos operativos del programa, la ausencia de esquemas de compensación económica para los productores afectados han contribuido a la persistencia del problema. Dado este contexto, se hace necesario realizar una evaluación integral de los componentes del programa nacional de control de la TBb, con el fin de identificar sus fortalezas, debilidades y áreas de mejora. Una revisión crítica permitirá no solo fortalecer las acciones de vigilancia y control, sino también proponer estrategias más sostenibles y adaptadas a las condiciones socioeconómicas y productivas de las distintas regiones ganaderas del país. El objetivo de este estudio fue realizar un análisis transversal retrospectivo de los indicadores del Programa Nacional contra la Tuberculosis Bovina en México durante el periodo 2019–2024, con énfasis en la distribución geoespacial de la enfermedad.

Materiales y métodos

Estudio transversal retrospectivo a partir de los indicadores de la Campaña Nacional contra la Tuberculosis bovina del periodo de enero 2019 a diciembre de 2024 [2]. La información fue condensada por año y entidad federativa, además de desglosar la información de la Región Lagunera [3]. Los indicadores evaluados fueron: *pruebas de tuberculina, vigilancia en rastros*, *muestras de granulomas remitidas a laboratorio*. El análisis estadístico se centró en la identificación de patrones regionales de casos reactivos y positivos a tuberculosis bovina en el periodo de tiempo. Se realizó la descripción de las variables, utilizando medidas de tendencia central, así como frecuencias absolutas y relativas, además de la estimación de tasas utilizando el programa estadístico Stata 15. El proceso de georreferenciación se realizó a partir del lugar donde se identificaron animales reactivos a las pruebas cutáneas de la tuberculina en campo y según cada estado del país, lo que permitió analizar su distribución geoespacial. Esto sirvió de base para el análisis de los patrones espaciales, seguido de la estimación de la tasa estandarizada durante el periodo de 2019 a 2024. La población bovina de referencia (animales mayores a 6 meses de edad) utilizada en este análisis fue la reportada en el Censo Ganadero por el Marco Geoestadístico Nacional del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [4].

Resultados

En el Cuadro I se muestran las prevalencias promedio de bovinos reactivos a la prueba de tuberculina por entidad, siendo la Ciudad de México [12.22%, DE 13.13; IC95% 1.55 - 26.00) y la Región Lagunera (5.22%, DE 1.54; IC05% 3.60 - 6.85) las zonas geográficas del país con una mayor prevalencia promedio de animales reactivos en función del número de pruebas realizadas. Durante el periodo analizado, se observaron inspecciones de bovinos al sacrificio en rastro superiores al 95% del total notificados, a excepción de la Ciudad de México y Michoacán que mostraron una baja o nula cobertura de inspección.

.

Por otro lado, Jalisco, Nuevo León, Sinaloa y Veracruz son los estados que colectan una mayor cantidad de muestras en rastro para el diagnóstico de tuberculosis.

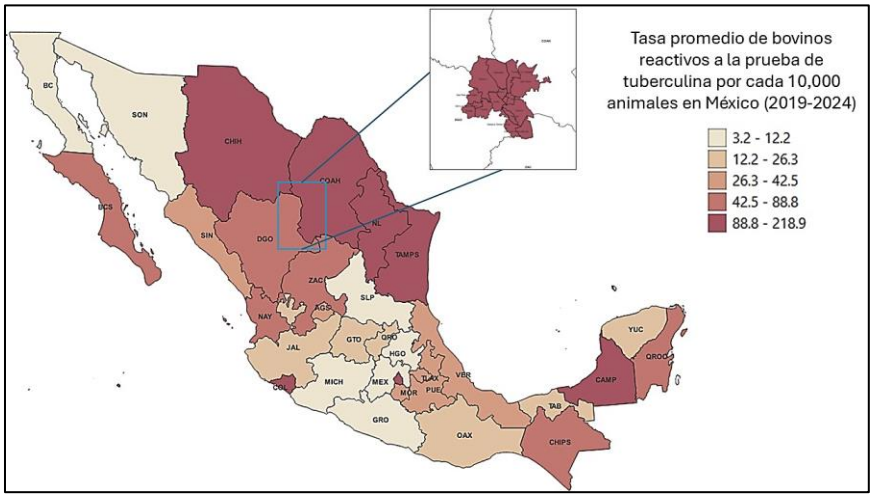
Cuadro I. Prevalencia promedio de bovinos reactivos a la prueba de tuberculina, porcentaje promedio de bovinos inspeccionados al sacrificio en rastro y promedio de muestras tomadas en rastro para diagnóstico de tuberculosis en México durante el periodo 2019-2024.

Entidad	Prevalencia (%) promedio de bovinos reactivos a la prueba de tuberculina x̄, DE (IC 95%)	Porcentaje promedio de bovinos inspeccionados al sacrificio en rastro x̄, DE (IC 95%)	Promedio de muestras tomadas en rastro para diagnóstico de tuberculosis
Aguascalientes	2.94, 1.18 (1.70 - 4.19)	98.5, 1.9 (96.5 - 100.6)	123.3
Baja California	0.55, 0.28 (0.25 - 0.85)	99.9, 0.0 (99.9 – 100.0)	169.3
Baja California Sur	0.84, 0.30 (0.52 - 1.16)	118.3, 45.7 (70.2 – 166.3)	67.3
Campeche	2.03, 2.54 (0.63 - 4.70)	99.9, 0.0 (99.9 – 100.0)	25.3
Ciudad de México	12.22, 13.13 (1.55 - 26.00)	., . (. - .)	.
Chiapas	0.67, 0.29 (0.36 - 0.98)	96.8, 0.6 (96.1 – 97.4)	92.3
Chihuahua	1.09, 0.03 (1.05 - 1.13)	98.3, 0.4 (97.9 – 98.8)	190
Coahuila	1.03, 0.06 (0.97 - 1.10)	97.2, 5.3 (91.6 – 102.8)	47.3
Colima	0.82, 0.17 (0.63 - 1.00)	100, 0.0 (100.0 – 100.0)	24.0
Durango	1.02, 0.02 (0.99 - 1.05)	99.8, 0.2 (99.5 – 100.1)	150.8
Guanajuato	1.94, 0.52 (1.39 - 2.49)	101.7, 10.2 (90.9 – 112.5)	100.1
Guerrero	0.78, 0.13 (0.64 - 0.92)	96.4, 1.1 (95.1 – 97.6)	40.1
Hidalgo	0.59, 0.28 (0.29 - 0.89)	97.9, 1.4 (96.4 – 99.4)	8.3
Jalisco	0.67, 0.09 (0.57 - 0.76)	99.5, 0.1 (99.4 – 99.6)	419.6
México	0.67, 0.23 (0.42 - 0.92)	97.2, 2.5 (94.5 – 100.0)	12.3
Michoacán	0.62, 0.13 (0.48 - 0.76)	84.3, 20.7 (62.5 – 106.1)	58.6
Morelos	2.02, 0.87 (1.10 - 2.93)	94.9, 0.0 (94.9 – 95.0)	15.6
Nayarit	0.64, 0.17 (0.46 - 0.83)	98.2, 0.1 (98.1 – 98.4)	71.5
Nuevo León	1.02, 0.22 (0.77 - 1.26)	96.8, 0.2 (96.5 – 97.1)	383.8
Oaxaca	0.62, 0.05 (0.56 - 0.68)	98.7, 3.0 (95.5 – 101.9)	11.3
Puebla	0.95, 0.20 (0.74 - 1.17)	100, 0.0 (100.0 – 100.0)	30.8
Querétaro	1.76, 1.21 (0.49 - 3.04)	100, 0.0 (100.0 – 100.0)	16.3
Quintana Roo	0.63, 0.10 (0.52 - 0.74)	96.3, 6.8 (89.0 – 103.5)	7.8
San Luis Potosí	0.75, 0.12 (0.62 - 0.88)	99.4, 0.3 (99.0 – 99.8)	218
Sinaloa	1.56, 0.36 (1.17 - 1.95)	99.8, 0.1 (99.6 – 100.0)	462
Sonora	1.16, 0.35 (0.78 - 1.53)	100, 0.0 (100.0 – 100.0)	156.8
Tabasco	0.35, 0.17 (0.17 - 0.53)	99.7, 0.5 (99.1 – 100.3)	52.5
Tamaulipas	1.10, 0.10 (0.99 - 1.21)	98.2, 0.7 (97.4 – 99.0)	113.8
Tlaxcala	1.27, 0.88 (0.34 - 2.20)	99.4, 1.4 (97.9 – 100.9)	0
Veracruz	0.74, 0.05 (0.68 - 0.80)	100, 0.0 100.0 – 100.0)	338.0
Yucatán	0.86, 0.10 (0.75 - 0.97)	97.2, 0.3 (96.9 – 97.5)	43.3
Zacatecas	1.03, 0.19 (0.83 - 1.23)	95.4, 1.2 (94.1 – 96.8)	192.5
Región Lagunera	5.22, 1.54 (3.60 - 6.85)	98.3, 0.5 (97.7 – 98.9)	109.5

x̄: Prevalencia promedio y Porcentaje promedio
DE: Desviación Estándar
IC 95%: Intervalo de confianza al 95%

El mapa de la Figura 1, clasifica la tasa estandarizada de animales reactivos a la prueba de tuberculosis bovina en la república mexicana durante el periodo 2019-2024. En el clúster noreste (Chihuahua – Tamaulipas) se observa una tasa promedio estandarizada alta (88.8-218.9) animales reactivos a la prueba de tuberculina por cada 10,000 animales. Sin embargo, la Región Lagunera acumula una tasa estandarizada de 138.2 (Min. 74.6 – Max. 248.4) animales reactivos a la prueba de tuberculina por cada 10,000 animales. En las zonas libres como Sonora, Baja California confirman una tasa promedio baja del número de animales reactivos a la prueba de tuberculina por cada 10,000 animales.

Figura 1. Mapa de las tasas promedio estandarizada de animales reactivos a la prueba de tuberculina por cada 10,000 animales en México durante el periodo 2019-2024.



Conclusión

Los resultados muestran que la Ciudad de México y la Región Lagunera presentan una prevalencia superior al 5 % de bovinos reactores a la prueba de tuberculina, seguidas por los estados de Aguascalientes, Campeche y Morelos, con prevalencias mayores al 2 %. En el resto del país, con excepción de Tabasco, la prevalencia promedio fue superior al 0.5 % durante el periodo evaluado. No obstante, el análisis geoespacial revela que el clúster norte y la Región Lagunera se identifican como zonas de alta endemicidad, lo cual podría estar relacionado con una alta densidad ganadera y/o deficiencias en la implementación de medidas sanitarias, especialmente considerando que estas regiones no presentan diferencias relevantes en el número de granulomas remitidos al laboratorio. Estos hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer las estrategias de control en las regiones con mayor prevalencia, priorizando acciones enfocadas en bioseguridad, vigilancia activa y seguimiento diagnóstico [5].

Referencias bibliográficas

1. SENASICA (28 mayo 2025). Situación actual de la tuberculosis bovina. Disponible en: https://www.gob.mx/senasica/documentos/situacion-actual-de-tuberculosis-bovina?state=published.
2. SENASICA (30 abril 2025). Indicadores de la Campaña nacional contra la tuberculosis bovina. Disponible en: https://www.gob.mx/senasica/documentos/indicadores-de-la-campana-nacional-contra-la-tuberculosis-bovina?idiom=es.
3. Padilla, JA (2007). La Comarca Lagunera, constructo cultural: Economía y fe en la configuración de una mentalidad multicentenaria. Universidad Iberoamericana Torreón. https://www.calameo.com/read/000089494e2fffa709ca8
4. INEGI (2025). Marco Geoestadístico Nacional Censo Ganadero. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551067284
5. Caminiti, A., Pelone, F., LaTorre, G., De Giusti, M., Saulle, R., Mannocci, A., Sala, M., Della Marta, U., & Scaramozzino, P. (2016). Control and eradication of tuberculosis in cattle: a systematic review of economic evidence. The Veterinary record, 179(3), 70–75.

.

EVALUACIÓN DEL HUEVO DEFORME PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA MICOPLASMOSIS DE GALLINAS DE POSTURA SOSPECHOSAS.

*Linda M. Maya-Rodríguez[1], Francisco J. Trigo-Tavera[3], Verónica Rojas-Trejo[1], Rosa Elena Miranda-Morales[1]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Microbiología e Inmunología, Ciudad Universitaria, CDMX, 04510, México
[3]Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Patología, Ciudad Universitaria, CDMX, 04510, México

*Autor para correspondencia: marmaya@fmvz.unam.mx

Palabras clave: micoplasmosis, huevo deforme, aves.

Introducción.
La micoplasmosis causada por *Mycoplasma synoviae* (MS) y *Mycoplasma gallesepticum* (MG) ocasiona problemas respiratorios en las aves, como traqueítis, aerosaculitis, bronquitis, asociada a la baja de postura y huevo deforme (Jeon et. al., 2014), Ambas especies se trasmiten horizontal y verticalmente, MS es la especie más frecuentemente involucrada en la producción de deformidad del huevo, y si bien MG no está asociada al huevo deforme puede estar implicada en el impacto en la baja producción.
En la práctica zoosanitaria el monitoreo de la enfermedad se realiza principalmente con pruebas rápidas, como la aglutinación rápida en placa, kit comercial de ELISA, pruebas moleculares como PCR y finalmente el aislamiento del agente etiológico es la prueba oro y pocos laboratorios lo realizan OMSA 2021 cap. 3.3.5. La identificación clínica de micoplasmas en la parvada se hace difícil, esta enfermedad puede tener un gran impacto en las unidades de producción, al ser de difícil manejo tener una rápida diseminación y porque su presencia facilita la coinfección con otros microorganismos, principalmente virus.
La característica principal de los micoplasmas en la infección es la adhesión a las células de tipo epitelial (Yiwen et al 2021), del tracto respiratorio superior y del oviducto, una de las principales adhesinas es la vlhA, hemoaglutinina presente en MS y MG que ha sido ampliamente estudiada al ser considerada responsables de la patogenicidad relevante en la infección provocando daño en las células, con la consecuente infección respiratoria y la producción de huevo deforme en las gallinas de postura. Para el monitorear la micoplasmosis en la actualidad se requiere del manejo de las aves, lo cual involucra la presencia de personal capacitado en la granja para cumplir con la bioseguridad que es crucial para la prevención de enfermedades infecciosas, por lo que la utilización del huevo deforme representa una alternativa para el monitoreo de la enfermedad.

Objetivo
Aislamiento y tipificación molecular de *Mycoplasma synoviae* y *Mycoplasma gallisepticum* del huevo deforme de gallinas de postura sospechosas, para evaluar su utilidad diagnóstica.

Materiales y métodos.
Se colectaron 52 huevos deformes de tres granjas de aves de postura de las estirpes Bovans White y Hy-Line sospechosas a la micoplasmosis y sin vacunación, en una granja se colectaron 24 huevos deformes y 10 aves de desecho realizando la matanza humanitaria SICUAE.DOC-2020/1-1, y en las otras dos granjas de producción se colectaron 14 huevos deformes de cada una.
Para el aislamiento de los micoplasmas aviares se utilizó el medio de cultivo de Frey indicado para micoplasmas aviares, se siguió la metodología como lo indica Klever 2008. Con el fin de determinar la presencia de los micoplasmas en las diferentes regiones del huevo, se trabajaron por separado la yema, la clara y la fárfara; las muestras trabajadas de las aves de desecho fueron el oviducto y saco aéreo abdominal izquierdo, se colectó con un hisopo estéril la mucosa del oviducto y el saco aéreo completo.
Tipificación molecular de los aislados
Los aislados fueron concentrados para la extracción de DNA por el método de Tiocianato de guanidina, Sambrook y Rossell 2001. Se realizó la PCR punto final utilizando los iniciadores (Tabla 1), la amplificación para MS y MG se realizó como lo indica Maya-Rodríguez et al., 2025. Los controles positivos utilizados

fueron las cepas tipo *Mycoplasma gallisepticum* S6 (ATCC No. 15302) y *Mycoplasma synoviae* WVU1853 (ATCC No. 25204).

Tabla 1. Iniciadores utilizados para la tipificación PCR punto final de MS y MG.

Gen	Cebador forward 5'-3'	Cebador reverse 5'-3'	Peso molecular	Tipificación de especie.	Referencia
16´s RNAr	CAG TCG TCT CCG AAG TTA ACA A	CAC AAG CGG TGG AGC ATG	514 pb	MS	Maya-Rodríguez *et al*., 2024
mgc2	CGC AAT TTG GTC CTA ATC CCC AAC A	TAA ACC CAC CTC CAG CTT TAT TTCC	349 pb	MG	García *et. al*., 2005

Resultados

De las 52 muestras de huevos deformes, fueron recuperadas un total de 13 cepas (25 %), de las cuales 6 fueron recuperadas de la fárfara, la cual resultó ser el sitio más frecuente en el huevo para el aislamiento de esta bacteria, 2 de la clara y 5 de la yema, de las 10 aves se logró 1 (10%) aislado de oviducto y 1 (10%) aislado de saco aéreo. Un total de 15 cepas fueron aislada identificadas molecularmente en huevo a 2 cepas de MS y 13 cepas tipificadas como de MG en (11 huevo, 1 oviducto, 1 saco aéreo).

Discusión

En varios trabajos publicados anteriormente se ha identificado a MG y MS en un rango que va del 7 al 23% a partir de muestras de hisopos cloacales de aves sospechosas a la micoplasmosis, tipificando a la cepas mediante PCR, por lo que los resultados de este trabajo se encuentra dentro de ese rango para la identificación de la micoplasmosis de muestras de huevos deformes, oviductos y de los sacos aéreos abdominal izquierdo. Lo interesante en este trabajo es que a pesar de que MG hasta el momento no había sido reportada en aislamientos a partir del huevo deforme, ya que sólo MS está asociada a esa deformidad, se identificó en mayor proporción que respecto a MS; por otro lado MG fue la única especie identificada del oviducto y del saco aéreo abdominal izquierdo de las aves de desecho, el aislamiento al ser la prueba oro confirma la infección de las aves con MG. El utilizar sacos aéreos abdominales izquierdos y oviducto de aves de desecho puede no ser tan eficaz en el campo, sin embargo, en este trabajo se realizó para verificar la presencia de MG y MS en las parvadas sospechosas de las granjas que se analizaron.

En los trabajos publicados por Maya-Rodríguez et al 2024 y Maya-Rodríguez et al 2025 se trabajó con las cepas que en su mayoría fueron obtenidas a partir de huevos deformes, reportadas en este trabajo, en todas ellas se identificó la presencia de la vlhA, hemoaglutinina importante en la patogenia de MG y MS, esta proteína además es identificada en pruebas serológicas y moleculares que son utilizadas para el monitoreo de la enfermedad causada por estas especies de micoplasmas OIE 2021, por lo que las cepas recuperadas mostraron esta característica de patogenicidad relevante en la infección de las aves.

Hasta ahora el monitoreo de la micoplasmosis aviar se realiza mayormente a partir de muestras de hisopos cloacales, sin embargo, el aislamiento y tipificación de MG y MS a partir del huevo deforme puede ser una alternativa al monitoreo de la micoplasmosis en campo, para determinar la eficacia del huevo deforme como una herramienta para el diagnóstico falta realizar un trabajo con la misma metodología a partir de hisopos cloacales para comparar los resultados de ambos tipos de muestras. Las ventajas de utilizar al huevo deforme como un recurso alterno a las muestras clínicas reconocidas actualmente son: el manejo, no arriesgar la bioseguridad de las granjas, no requerir personal para el muestreo. En la actualidad en el campo mexicano la infección con micoplasmas en ponedoras y reproductoras aún es considerada una enfermedad de difícil manejo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este ensayo muestran que el huevo deforme puede ser una alternativa para el monitoreo de la micoplasmosis aviar, el 25% de los huevos deformes procesados fueron positivos a MG y MS de parvadas sospechosas de la enfermedad.

Es necesario realizar estudios de tipificación de MG y MS en huevo deforme, a la par de hisopos cloacales para determinar si el huevo deforme es eficiente para el monitoreo de la enfermedad en parvadas sospechosas.

.

Referencias bibliográficas

1. Jeon E-O., Kim J-N, Lee H-R, Koo1 B-S, Min K-C, Han M-S, Lee S-B, Bae Y-J, Mo J-S, Cho S-H, Lee C-H, Mo I-P. Eggshell apex abnormalities associated with Mycoplasma synoviae infection in layers J. Vet. Sci. 2014;(4):579…582. DOI: 10.4142/jvs.2014.15.4.5,
2. Yiwen C, Yueyue W, Lianmei Q, Cuiming Z, Xiaoxing Y. Infection strategies of mycoplasmas: Unraveling the panoply of virulence factors. Virulence. 2021 Dec;12(1):788-817. doi: 10.1080/21505594.2021.1889813
3. Maya-Rodríguez, L. M., Gómez-Verduzco, G., Trigo-Tavera, F. J., Moreno-Fierros, L., & Miranda-Morales, R. E. (2024). Variability of pMGA/vlhA sequences among Mycoplasma gallisepticum field strains isolated from laying hens and their deformed eggs. *Access Microbiology*, *6*(6), 000681-v5.
4. Maya-Rodríguez, L. M., Gómez-Verduzco, G., Trigo-Tavera, F. J., Moreno-Fierros, L., Rojas-Trejo, V., & Miranda-Morales, R. E. (2025). A comparative in silico analysis of the vlhA gene regions of Mycoplasma gallisepticum and Mycoplasma synoviae isolates from commercial hen farms in Mexico. *Access Microbiology*, *7*(2), 000760-v4.
5. OMSA, 2021.https://www.woah.org/es/enfermedad/micoplasmosis-aviar-mycoplasma-gallisepticum/
6. Agradecimientos: Laboratorio de micoplasma de la FMVZ-UNAM, Departamento de microbiología e inmunología de la FMVZ-UNAM, PAPITT-IN221818, PAPIIT IN 219621 DGAPA-UNAM, CONACYHT.

EFECTO DEL NÚMERO DE TOMAS Y CANTIDAD DE CALOSTRO EN LA PRIMERA TOMA SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE BECERRAS.

Karla Rodríguez-Hernández[1]*, Esmeralda Ochoa-Martínez[1]

[1]CIRNOC Campo Experimental La Laguna, INIFAP

*Autor para correspondencia: rodriguez.karla@inifap.gob.mx

Palabras clave: calostro, ganancia diaria de peso, proteína sérica

Introducción

El calostro es la fuente de inmunoglobulinas que brinda protección ante las enfermedades, además de brindar nutrientes y sustancias que favorecen el crecimiento de las becerras (Godden et al., 2019). Es recomendado que, para obtener una adecuada transferencia de la inmunidad pasiva, las becerras sean alimentadas en la primera toma con calostro en una cantidad equivalente entre el 10 al 12% de su peso vivo, lo que representa aproximadamente entre 3 y 4 litros de calostro, y que éste sea ofrecido en las primeras 2 horas después del nacimiento (Godden et al., 2019). Adicionalmente, Morin et al. (1997) observaron que la inclusión de una segunda toma con calostro de baja calidad (< 50 g/dL IgG_1) a las 12 horas después de la primera toma de 4 L o un esquema de 2 L de calostro de baja calidad con 3 tomas con separación de 6 horas, permitía obtener concentraciones entre 10 y 14 mg de IgG_1/mL de suero a las 24 horas después del nacimiento comparado con ofrecer sólo una primera toma de 2 L. Además, cuando mejoraron la calidad del calostro a 60 g/dL en todas las tomas, observaron un efecto positivo sobre la transferencia de inmunidad pasiva, ya que cuando se añadió una segunda toma de 2 L, con una primera toma de 2 o 4 L, mejoraron las concentraciones de IgG_1 (entre 23 y 31 mg/mL de suero) a las 24 horas después del nacimiento comparado con ofrecer 2 L de calostro de baja calidad en la primera toma y en una segunda toma 12 horas después. En cuanto a los efectos positivos de administrar mayores cantidades de calostro sobre el crecimiento de las becerras, se ha observado que cuando las becerras reciben 4 litros de calostro, sus ganancias de peso son 18% mayores que las que sólo reciben 2 litros (Soberon and Van Amburgh, 2011). En un estudio previo, Rodríguez-Hernández et al. (2023) identificaron que dentro de los factores relacionados con el manejo del calostro que afectan la ganancia diaria de peso en becerras, recibir más de 2 litros de calostro en la segunda toma incrementaba 1.57 veces el riesgo de que las becerras tuvieran ganancias de peso mayores a los 0.700 kg por día durante la lactancia.

El objetivo del presente estudio establecer el efecto del número de tomas y cantidad de calostro en la primera toma sobre la ganancia de peso de becerras en un establo de la Región Lagunera.

Materiales y métodos

En un establo comercial del sistema intensivo de producción de leche de la Región Lagunera, se realizó un estudio longitudinal de cohorte del 01 de enero al 31 de diciembre del 2023, donde se le dio seguimiento a 1,306 becerras Holstein. El seguimiento se llevó a cabo del nacimiento hasta el día en que las becerras se destetaron. El manejo general fue: desinfección del ombligo con tintura de yodo al 7% al nacimiento, pesaje y administración de dos o tres tomas de calostro pasteurizado a 60 ± 5 °C por 60 minutos (Dairy Tech Inc., Windsor, CO), la primera toma se ofreció máximo 2 horas posteriores al parto, la segunda 12 horas después de la primera toma de calostro y en los casos en los que se ofreció una tercera toma, ésta se ofreció 12 horas después de la segunda. La administración de una segunda o tercera toma de calostro dependía de la cantidad disponible en el banco de calostro. En todos los casos todas las tomas fueron de calidad ≥ 80 g/L, la calidad fue determinada empleando un calostrómetro, y todas las tomas posteriores a la primera toma fueron de 2 litros. Veinticuatro horas después del nacimiento, a cada becerra se le tomó una muestra de sangre en un tubo sin anticoagulante, para la medición de proteína sérica total empleando un refractómetro óptico. Todas las becerras en la primera semana de vida recibieron una vacuna intranasal para virus de la rinotraqueítis infecciosa bovina, parainfluenza 3 y virus respiratorio sincitial bovino. La alimentación líquida consistió en leche de línea pasteurizada (72 °C por 15 a 20 segundos), ofreciéndose la cantidad asignada por día dividida en dos tomas (am y pm). El esquema de alimentación líquida fue el siguiente: del día 2 al 14 se ofrecieron 8 litros, del día 15 al 63 se ofrecieron 10 litros, realizando un destete abrupto, en ese mismo día las becerras fueron pesadas. La alimentación sólida consistió en un concentrado

iniciador pelletizado (3580, NUPLEN, Gómez Palacio, Dgo.) a partir del segundo día de vida, iniciando con 20 g por día e incrementándose bajo el criterio del jefe de crianza, todos los días el concentrado sobrante se retiraba y se colocaba nuevo. El agua se ofreció *ad libitum* y estuvo disponible desde el día 2 de vida. Basándose en los resultados de trabajos anteriores en donde se identificaron factores del manejo de calostro que influyen en la ganancia diaria de peso de becerras Holstein los datos se agruparon por número de tomas y la cantidad de calostro ofrecida en la primera toma, quedando de la siguiente manera: 2 tomas de calostro y 3 litros en la primera toma (**2T3**), 2 tomas y 4 litros en la primera toma (**2T4**), 3 tomas de calostro y 3 litros en la primera toma (**3T3**) y 3 tomas y 4 litros en la primera toma (**3T4**). Para el análisis estadístico de la información se empleó el programa estadístico R (versión 4.2.0; R Core Team, 2022). Se empleó análisis de varianza de Welch y las comparaciones múltiples se realizaron mediante una prueba de Games-Howell.

Resultados y discusión

En general, tanto la proteína sérica total, así como la ganancia diaria de peso para los 4 grupos se encontraron dentro de los valores esperados para transferencia pasiva de la inmunidad (Godden et al., 2019) así como de acuerdo con el sistema de alimentación (NASEM, 2021). Se ha observado que calostro colectado en la Región Lagunera, con una densidad 90 g/dL, aporta aproximadamente 1.50 Mcal de energía metabolizable, contiene 3% de proteína cruda, 7.9% de grasa y 17.9% de lactosa por litro. Por lo anterior, el que las becerras recibieran de 5 hasta 8 litros totales de calostro de calidad entre 80 y 100 g/L permitió incrementar la transferencia de inmunidad pasiva; adicionalmente el calostro tiene un efecto positivo en el tracto gastrointestinal y metabolismo de las becerras (Godden et al., 2019) lo que puede explicar las ganancias de peso observadas en este estudio. Adicionalmente, en un estudio previo, se observó que las becerras que a las 24 horas de nacidas tuvieron valores de proteína sérica mayor a 6.1 g/dL, tuvieron 1.47 más probabilidades de obtener ganancias mayores a 0.700 kg/día (Rodríguez-Hernández et al., 2023)

Cuadro 1. Peso al nacimiento, proteína sérica total, peso al destete y ganancia diaria de peso de becerras Holstein que recibieron 2 tomas de calostro y 3 litros en la primera toma (2T3), 2 tomas y 4 litros en la primera toma (2T4), 3 tomas de calostro y 3 litros en la primera toma (3T3) y 3 tomas y 4 litros en la primera toma (3T4).

Variable	2T3	2T4	3T3	3T4
	Mediana (Rango Intercuartílico)/n(%)			
Peso al nacimiento, kg	34.00 (4.50)	36.50 (5.00)	35.00 (5.00)	36.00 (5.62)
Proteína sérica total, g/dL	6.60 (0.80)	6.60.(0.80)	6.60 (0.80)	6.80 (1.00)
Peso al destete, kg	90.00 (11.00)	93.00 (10.00)	88.00 (12.00)	91.00 (11.00)
Ganancia diaria de peso, kg/día	0.89 (0.15)	0.89 (0.16)	0.84 (0.19)	0.87 (0.16)

Las becerras que recibieron 2 tomas de calostro independientemente de si recibieron 3 o 4 litros de calostro en la primera toma (2T3 y 2T4) y las que recibieron 3 tomas de calostro y 4 litros de calostro (3T4) tuvieron mejor ganancia diaria de peso que las que recibieron 3 tomas de calostro y 3 litros de calostro (3T3) (**Figura 1**). La ganancia diaria de peso fue mayor en las becerras 2T4 que en las becerras 3T4 ($P < 0.0001$); al respecto, se ha observado que becerras que recibieron más del 10% de su peso vivo de calostro en la primera toma, tuvieron más probabilidades de obtener ganancias diarias de peso mayores a 0.700 kg/día. Si bien, no hubo diferencia entre las becerras de 2T3 y 3T4, se observó una tendencia a que las becerras de 2T4 ganaran 30 gramos más por día que las de 3T4 ($P = 0.05$). Una posible explicación pudiera estar relacionada con que existe la teoría de que una elevada cantidad de calostro, disminuye el tiempo en que el intestino permanece permeable después del nacimiento, lo que pudiera haber afectado en la obtención de todos los beneficios de una elevada cantidad de calostro. Adicionalmente, aunque sólo es una suposición, existe la posibilidad de que, aunque en los registros se anote que se ofrecieron 2 litros de calostro en la tercera toma, que en realidad las becerras hubieran consumido menos calostro y que los trabajadores no consideraran insistir en que se tomaran en su totalidad el calostro ya que esta tercera toma se considerara como un extra.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados del presente estudio, ofrecer 4 litros de calostro con calidad igual o mayor a 80 g/L en la primera toma, así como ofrecer 2 o 3 tomas permite obtener ganancias de peso mayores a 0.820 kg/día.

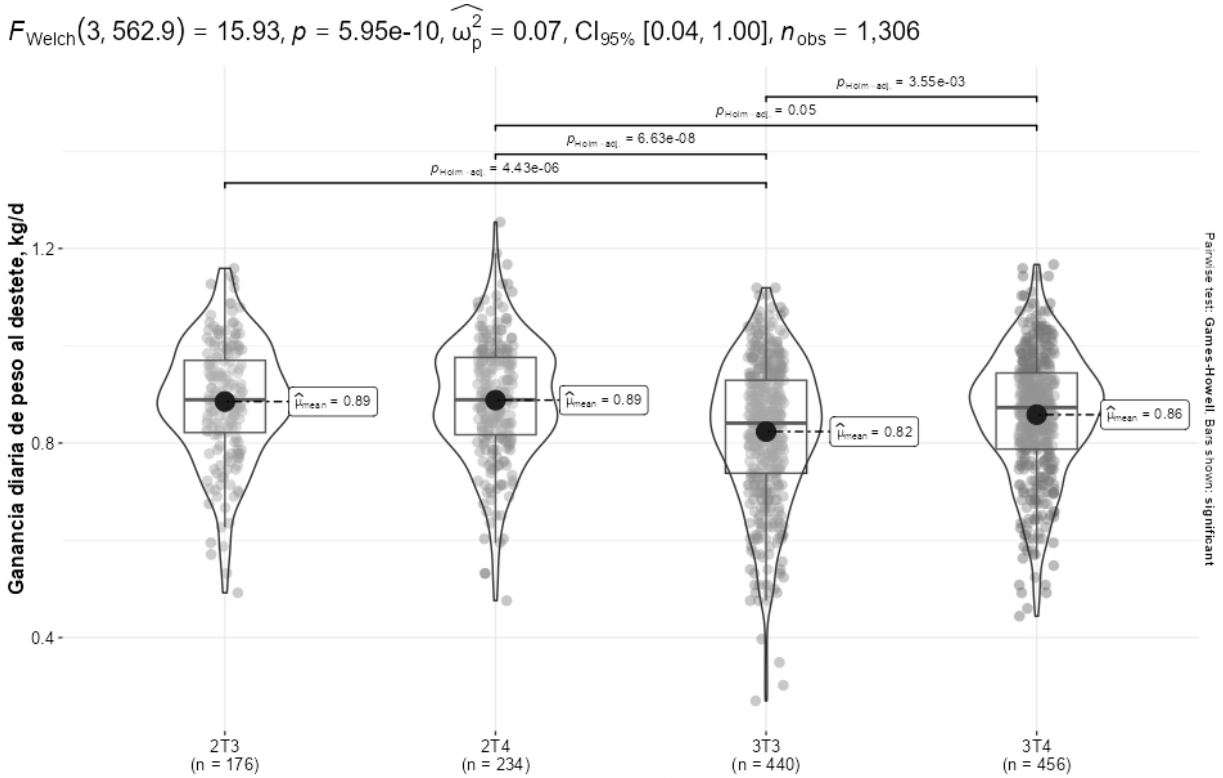


Figura 1. Efecto del número de tomas y la cantidad de calostro administrada en la primera toma sobre la ganancia diaria de peso de becerras. Dos tomas de calostro y 3 litros en la primera toma (2T3), 2 tomas y 4 litros en la primera toma (2T4), 3 tomas de calostro y 3 litros en la primera toma (3T3) y 3 tomas y 4 litros en la primera toma (3T4).

Fuente financiadora

INIFAP 2148585558 “Pasteurización y buenas prácticas de manejo del calostro bovino para mejorar la sanidad de becerras” y 1310377057 “Lácteos Nuevo León, asesoría para la mejora del proceso de crianza de becerras y vaquillas”.

Referencias bibliográficas

1. Godden, S. M., J. E. Lombard, and A. R. Woolums. 2019. Colostrum management for dairy calves. Vet Clin Food Anim. 35:535-556.
2. Morin, D. E., G. C. McCoy, and W. L. Hurley.1997. Effects of quality, quantity, and timing of colostrum feeding and addition of a dried colostrum supplement on immuno-globulin G1 absorption in Holstein bull calves. J Dairy Sci. 80:747–53.
3. NASEM. 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Eighth Revised Edition. Washington (DC): National Academies Press (US); 2021 Aug 30.
4. Rodríguez-Hernández K., E. Ochoa-Martínez, y J. I. Sánchez-Duarte. 2023. Factores del manejo del calostro que afectan la ganancia diaria de peso de becerras lecheras en la Región Lagunera. Memorias de la LVIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Chihuahua, Chih., 8-11 de noviembre de 2023. 662-664.
5. Soberon, F. and M. E. Van Amburgh. 2011. Effects of colostrum intake and pre-weaning nutrient intake on post-weaning feed efficiency and voluntary feed intake. J. Dairy Sci. 94:E suppl. 1:69. (abstr.)
6. Tyler, J. W., D. D. Hancock, S. M. Parish, D. E. Rea, T. E. Besser, S. G. Sanders, and L. K. Wilson. 1996. Evaluation of 3 assays for failure of passive transfer in calves. J Vet Int Med.10:304-307.

Cymbopogon nardus COMO INHIBIDOR DE LA ECLOSIÓN DE *Haemonchus contortus* RESISTENTE A IVERMECTINA.

Daniel Melo-Guzmán[1], Adrián Zaragoza-Bastida[1], Gabino Misael López-Rodríguez[1], Armando Peláez-Acero[1], Agustín Olmedo-Juárez[2], Nallely Rivero Perez[1].

[1]Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México. [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Parasitología Veterinaria, INIFAP. Jiutepec, Morelos, México.

*Autor para correspondencia: nallely_rivero@uaeh.edu.mx

Palabras clave: aceite esencial, *Cymbopogon nardus, Haemonchus contortus.*

Introducción

La hemoncosis en pequeños rumiantes es un problema recurrente para los productores, ocasionando perdidas significativas, debido a las repercusiones metabólicas que les generan (Munguía-Xóchihua *et al.,* 2018). En el caso de *Haemonchus contortus* (HC) es el nematodo con mayor prevalencia en el ganado ovicaprino, con un ciclo de vida corto y directo el cual le permite adaptarse fácilmente, sin embargo, su transmisión efectiva depende de las condiciones medioambientales, generando diversas presentaciones clínicas como, trastornos nutricionales, perdida del apetito, lana o pelo hirsuto, disminución del flujo y la motilidad gastrointestinal, sin embargo, HC es mayormente conocido por su habito hematófago provocando anemia, hipoproteinemia, anorexia e inclusive la muerte de su hospedero (Angulo-Cubillán *et al*., 2010).
Como medidas de control, tradicionalmente se ha implementado el uso de diversas familias de antihelmínticos de amplio espectro disponibles en el mercado como los benzimidazoles, probenzimidazoles, imidazotiazoles, tetrahidropirimidinas y lactonas macrocíclicas, por mencionar los más comunes. Sin embargo, el uso desmedido de los mismos aunado a una administración inadecuada ha propiciado la aparición del fenómeno de resistencia que se define como la capacidad heredable que tiene una fracción de una población parasitaria para tolerar dosis toxicas de sustancias químicas letales para poblaciones de la misma especie (Portal, 2014). La resistencia puede ser intrínseca; naturalmente el parasito es insensible al fármaco debido a la ausencia de receptores o la incapacidad del fármaco de entrar a la célula y la adquirida; cuando en un determinado tiempo dejan de ser susceptibles a los fármacos y hay modificaciones genéticas que son heredables (Márquez, 2007).
Debido a lo ya antes mencionado, se buscan nuevas alternativas de control, funcionales, sostenibles, económicas y amigables con el medio ambiente, como el uso de aceites esenciales de plantas con potencial antihelmíntico, típicamente usadas en la medicina tradicional (Juárez-Rosete *et al.,* 2013). *Cymbopogon nardus* comúnmente llamado zacate limón o citronela, es una planta arbustiva de crecimiento perenne, de la familia *Poaceae*, originaria de Asia, India, Sri Lanka, cultivada en zonas tropicales, actualmente tiene una distribución cosmopolita, se le atribuyen una múltiple bioactividad, antiespasmódica, carminativo, febrífugo, antibacterial, fungicida, repelente y antiséptico (Ortiz, 2018).
El objetivo del presente estudio fue evaluar el aceite esencial de *Cymbopogon nardus* como inhibidor de la eclosión de *Haemonchus contortus* resistente a ivermectina.

Materiales y métodos

Se utilizó aceite esencial de *Cymbopogon nardus* de una marca registrada.
Obtención de muestras: Se colectaron muestras de heces, directamente del recto de un ovino donador infectado con la cepa INIFAP de *Haemonchus contortus*, resistente a ivermectinas.
Inhibición de la eclosión de nematodos: Las muestras de heces fueron procesadas en el CENID-SAI del INIFAP en el Municipio de Jiutepec en el estado de Morelos, se les realizaron las técnicas de flotación y Mac Master para identificar la presencia de nematodos gastrointestinales y la cantidad de huevos por gramo de heces, de acuerdo a la metodología descrita por (Rivero-Perez *et al.,* 2017).
Recuperación de huevos de nematodos gastrointestinales: Las muestras con más de 1000 huevos por gramo de heces fueron homogenizadas para ser lavadas en tamices de 200, 100, 75 y 35 micras, para recuperar una solución de huevos limpios, siguiendo la metodología descrita por (Rivero-Perez *et al*., 2019) se determinó y ajustó la solución de huevos limpios de 150 a 200 huevos en 50 µl.

Evaluación de la inhibición de la eclosión de huevos de nematodos: En una placa de 96 pozos se colocaron 50 µl de la solución de huevos limpios previamente ajustados, más agua destilada. La placa fue incubada a 30°C durante 48 horas, para su posterior lectura observando 10 alícuotas de 10 µl bajo el microscopio óptico de marca Motic BA210 con el objetivo 4x, de cada pozo, determinando el número de huevos y larvas en cada alícuota. Para poder determinar el porcentaje de inhibición de la eclosión de huevo, se utilizó la siguiente formula descrita por (Castillo-Mitre *et al*., 2017).

$$\%\ de\ inhibición\ de\ la\ eclosión = \frac{L1}{L1 + Huevo} * 100$$

Donde L1 es igual a larva 1

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey a un nivel de confianza del 95% en el paquete estadístico Minitab18.

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de Inhibición de la eclosión se observó que los porcentajes evaluados de (0.5 a 0.03 %) del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* inhibieron un 100, 95.41, 81.91, 71.71 y 37.53 % de la eclosión de *Haemonchus contortus* destacando que a 0.5% del aceite esencial produce un 100% de inhibición, siendo mayor al porcentaje de inhibición del control positivo (91.2%), presentando diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes evaluados evidenciando un comportamiento porcentaje-dependiente, a mayor el porcentaje del tratamiento, mayor el porcentaje de inhibición y a menor porcentaje, menor efecto.(Cuadro 1).

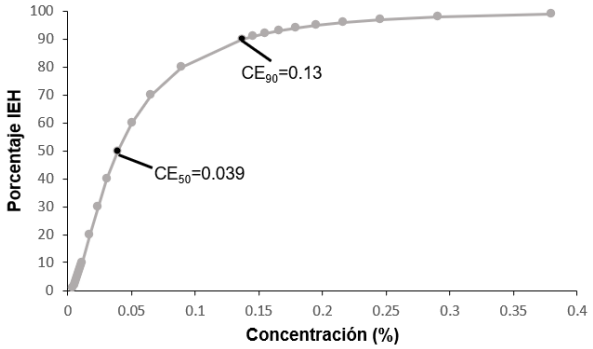
Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de *Haemonchus contortus* expuestos a un aceite esencial de *Cymbopogon nardus.*

Tratamientos	%IEH ± d.e
Agua destilada	1.41 ± 1.91^{g}
Tiabendazol (0.1 mg/mL)	91.2 ± 3.2^{c}
Aceite esencial de *Cymbopogon nardus* (%)	
0.5	100 ± 0.00^{a}
0.25	95.41 ± 1.17^{b}
0.12	81.91 ± 1.16^{d}
0.06	71.71 ± 1.19^{e}
0.03	37.53 ± 2.12^{f}
Valor de p	0.001

$^{a,b,c,d,\ e,\ f,\ g}$ Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia estadística. d.e= desviación estándar.

Como se muestra en la figura 1. Con respecto a la concentración efectiva 50 y 90 de 0.039 y 0.13% del aceite esencial de *Cymbopogon* nardus correspondiente al porcentaje de inhibición de la eclosión.

Figura 1. Concentraciones efectivas 50 y 90 requeridas para inhibir la eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* expuestos a un aceite esencial de *Cymbopogon nardus.*



Las evaluaciones del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* sobre el porcentaje de la inhibición de la eclosión, nos permitió observar que a la concentración de 0.5% fue mejor que el control positivo, Ramírez y colaboradores en el 2024 evaluaron el aceite esencial de Citronela contra *Tritrichomonas foetus* donde la concentración efectiva media fue de 0.4 µg/mL a comparación con el presente estudio donde se obtuvo una concentración efectiva de 50 y 90 destacando que se utilizó una cepa monoespecífica, evidenciando una posible actividad en diferentes parásitos; por otra parte Bogado en el 2022 evaluó el aceite esencial de *Cymbopogon winterianus* sobre garrapatas *Rhipicephalus microplus* donde a 50 y 25 ppm se obtuvo un 100% de control en ambas concentraciones a diferencia de la presente investigación, se utilizaron más concentraciones, otra especie vegetal como tratamiento y nuevamente evidenciando un posible efecto de amplio espectro en diferentes parásitos.

Conclusiones

El aceite esencial de *Cymbopogon nardus*, mostró efecto inhibiendo la eclosión de huevos de *Haemonchus contortus* resistente a ivermectina. Por lo tanto, se podría considerar como una alternativa de control de este parásito, ya que tiene la capacidad de interferir con una parte del ciclo de vida del nematodo.

Agradecimientos

Agradecimiento al CENID Salud Animal e Inocuidad del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias por los recursos facilitados.

Fuente financiadora

Recursos propios.

Referencias bibliográficas

1. Munguía-Xóchihua, J., Navarro-Grave, R., Hernández-Chávez, J., Molina-Barrios, R., Cedillo-Cobián, J., & Granados-Reyna, J. (2018). Parásitos gastroentéricos, población haemonchus contortus en caprinos en clima semiárido de Bacum, Sonora, México. *Abanico veterinario*, *8*(3), 42-50.
2. Angulo-Cubillán FJ, García-Coiradas L, Alunda JM, Cuquerella M, de la Fuente C. (2010). Biological characterization and pathogenicity of three Haemonchus contortus isolates in primary infections in lambs. Vet Parasitol. 15;171(1-2):99-105. doi: 10.1016/j.vetpar.2010.03.004. Epub 2010 Mar 10. PMID: 20363563.
3. Márquez Lara, D. (2007). Resistencia a los antihelmínticos en nematodos de rumiantes y estrategias para su control.
4. Rivero-Perez, N., Jaramillo Colmenero, A., Peláez-Acero, A., Rivas-Jacobo, M., Ballesteros-Rodea, G., & Zaragoza-Bastida, A. (2019). Actividad antihelmíntica de la vaina de Leucaena leucocephala sobre nematodos gastrointestinales de ovinos (in vitro). *Abanico veterinario*, *9*.
5. Castillo-Mitre, G. F., Olmedo-Juárez, A., Rojo-Rubio, R., González-Cortázar, M., Mendoza-de Gives, P., Hernández-Beteta, E. E., ... & Zamilpa, A. (2017). Caffeoyl and coumaroyl derivatives from Acacia cochliacantha exhibit ovicidal activity against Haemonchus contortus. *Journal of Ethnopharmacology*, *204*, 125-131.

DETERMINACIÓN DE FACTORES DE RIESGO Y CALIDAD SANITARIA DE LECHE CRUDA Y QUESOS DE SEIS GRANJAS CAPRINA FAMILIARES EN MÉXICO.

Israel Daniel Ricardo-González[1*], Laura Hernández-Andrade[2], Susana Elisa Mendoza-Elvira[3], Edith Rojas-Anaya[4], Gary García-Espinosa[1]

[1]FMVZ- UNAM, [2]INIFAP CENID SAI, [3]FES-Cuautitlán UNAM, [4]INIFAP C.E. La Campana

*Autor para correspondencia mvz.daniel.ricardo@fmvz.unam.mx

Palabras clave: leche cruda, queso fresco, factores de riesgo

Introducción

En México los sistemas de producción de leche de cabra se han polarizado, dando como resultado unidades productivas con grandes diferencias. Por un lado están los sistemas especializados, cuyos propietarios tienen mayor capacidad de inversión económica, nivel educativo y aceptación de tecnología productiva; por otro lado están los sistemas familiares, que son granjas que se conforman por pequeños rebaños manejados directamente por un pastor que realiza todas las actividades de manejo con ayuda de la familia, cuentan con escasa infraestructura, niveles de productividad bajos y con pobres condiciones higiénicas. Por lo tanto, las cualidades higiénicas y sanitarias de la leche cruda así como las de los quesos producidos son pobres. Indicadores sanitarios como el conteo en placa de mesófilos, la determinación de coliformes totales en placa y el conteo celular somático son buenos predictores de los estándares higiénico-sanitarios en la leche, mientras que en el caso de los quesos se aplican principalmente el conteo en placa de coliformes totales y la determinación de mohos y levaduras. El objetivo de este trabajo fue caracterizar siete granjas caprina familiar mediante la realización de encuestas para determinar sus características de producción, obtención de leche cruda y quesos frescos artesanales, así como evaluar la calidad sanitaria de la leche cruda fresca y los quesos y los factores de riesgo asociados.

Materiales y métodos

Se seleccionaron dos granjas representativas de las principales zonas productoras de queso fresco de cabra, bajo los siguientes criterios de inclusión: Sistemas de producción familiar con animales sin ningún tipo de manejo reproductivo (inducción al estro), donde la producción de leche fuera estacional, el ordeño de las cabras fuera manual y la producción de queso fresco fuera realizada de forma artesanal y dentro de la misma unidad de producción.

Se muestrearon dos granjas en la zona norte del país localizadas en el municipio de San Juan de Guadalupe, Durango identificadas como Durango 01 (D01) y Durango 02 (D02); dos en la zona centro del país ubicadas en el municipio de Cadereyta, Querétaro, identificadas como Querétaro 01 (Q01) y Querétaro 02 (Q02) y dos en la zona sur localizadas en el municipio de Escárcega, Campeche identificadas como Campeche 01 (C01) y Campeche 02 (C02). Adicionalmente, se tomó como referencia para los análisis estadísticos posteriores una granja que cuenta con protocolos de buenas prácticas ganaderas y de manufactura, identificada como DC, ubicada en el municipio de Tequisquiapan en el estado de Querétaro.

Se tomaron muestras pareadas de leche cruda del tanque de leche y se almacenaron en recipientes estériles de 50 mL , adicionalmente se tomaron tres muestras de queso elaborado a partir de la leche cruda de tanque anteriormente muestreada, obtenidas después de finalizado el proceso de manufactura y empacado. Las muestras fueron conservadas y enviadas en refrigeración (0-4°C) al laboratorio para su posterior procesamiento.

La determinación de la calidad sanitaria de la leche cruda como de los quesos se realizó siguiendo los protocolos de la normatividad mexicana: preparación de las muestras (NOM-110-SSA-1994), determinación de mesófilos aerobios (NOM-092-SSA-1994), determinación de coliformes totales (NOM-113-SSA-1994). El conteo de células somáticas se determinó por citometría de flujo (Somascope MK2).

Para identificar los factores de riesgo asociados a los indicadores de calidad, se realizaron encuestas a cada uno de los productores, que constaron de 70 preguntas relacionadas con manejo de la alimentación y bebida, alojamiento, características de ordeño, sitios de ordeño, prácticas de ordeño, manejo de la leche, sanidad animal, producción y comercialización de quesos. Para su elaboración se utilizó como referencia la Guía de la Encuesta Agropecuaria Integrada (FAO), el manual de buenas prácticas ganaderas en la producción de leche de cabra (SADER) y la Guía de Buenas Prácticas de Manufactura de Productos

Lácteos (FAO). Se estableció una escala de Likert de la siguiente manera: 0 = inadecuado/no implementado; 1 = adecuado o implementado según corresponda. Esta escala se aplicó para cada pregunta y con las respuestas se obtuvo una sumatoria por cada rubro evaluado y un total general para cada una de las granjas.

Se realizó estadística descriptiva para los indicadores sanitarios de leche cruda y quesos frescos, además de ANOVA y prueba de Tukey para identificar diferencias entre las regiones muestreadas. Se realizó un análisis de conglomerados jerárquico sobre los datos obtenidos en las encuestas para determinar las similitudes en el manejo y ordeño de los animales entre las granjas. Se realizaron análisis univariados mediante la prueba exacta de Fisher a un nivel de significancia del 95% ($P < 0,05$) para probar las asociaciones entre los predictores independientes de los cuestionarios y las variables de respuesta (recuento de bacterias aerobias mesófilas (MAB) y recuento de células somáticas (CCS) para la leche cruda y coliformes totales (TC) para los quesos frescos). Los umbrales establecidos para estos análisis fueron los siguientes: bajo (menor a 6 Log_{10} UFC/ml) y alto (mayor a 6 Log_{10} UFC/ml) para MAB y bajo (menor a 6 Log_{10} células/ml) y alto (mayor a 6 Log_{10} células/ml) para CSS. Para los quesos frescos de cabra, se utilizaron los siguientes umbrales para TC: alto (mayor a 2.47 Log_{10} UFC/g) y bajo (menor a 2.47 Log_{10} UFC/g). Este umbral se eligió debido a que ninguno de los quesos analizados presentó valores que cumplieran con la normatividad mexicana vigente, que establece que los valores deben ser menores a 100 UFC/g. Todos los análisis se realizaron con el software IBM SPSS V25.

Resultados y discusión

La evaluación de indicadores sanitarios para la leche cruda, las granjas D01 y DC (granja utilizada como referencia) (28.57%) presentaron valores de mesófilos aeróbicos por debajo de los valores estipulados por la normatividad mexicana vigente y significativamente inferiores a los del resto de las granjas evaluadas en las muestras analizadas; el 100% presentó valores de coliformes totales que superaron el valor de referencia (2 Log10 UFC/mL); sin embargo, los valores medios de las granjas DC y D01 fueron significativamente inferiores a los del resto de las granjas evaluadas. El recuento de células somáticas (RCS) solo las granjas DC, Q02 y D01 (42.85%) se mantuvieron dentro del rango recomendado (hasta 1,000,000 células/mL) y concuerda con reportes similares en México (Díaz-Rivera *et al.* 2022) y Brasil (Pereira *et al.* 2024) asociándolo a pobres condiciones de higiene durante el proceso de obtención de leche, deficiencias en la rutina de ordeño, falta de un lugar específico para la ordeña y condiciones de almacenamiento de la leche. Para el caso de los quesos frescos, cinco de las siete unidades de producción evaluadas, los recuentos de mesófilos aerobios en placa (MAP) en leche cruda antes del proceso de elaboración del queso superaron los 5.07 Log_{10} UFC/mL, lo que indica que estas muestras cumplieron con la normatividad nacional vigente. Sin embargo, ninguna de las unidades de producción evaluadas en este estudio se adhirió a los límites internacionales recomendados para leche cruda de 5 Log_{10} UFC/mL (FDA) (106) y 50,000 UFC/mL en la normativa europea (Normativa Europea: Norma 92/46/EECC). Sólo las granjas D01 y DC (28.57%), ninguna de las granjas presentó niveles de coliformes totales dentro de los niveles recomendados (2 Log_{10} UFC/mL). Es importante destacar que las granjas DC y D01 mantuvieron valores estadísticamente inferiores de estos dos indicadores que las otras granjas. Estos resultados son similares a los reportados en unidades productivas evaluadas en México (Blanco *et al*. 2021) y Brasil (Lopes *et al*. 2020) donde atribuyeron estos resultados a la falta de higiene al momento del procesamiento y al tipo y lugar donde se elaboraron los quesos (sin prtección de las condiciones ambientales y de dificil limpieza). Las granjas evaluadas contaban rango variado de animales (80-200), con una producción promedio de 17.28 kg de queso por semana y un precio de venta promedio de $ 92.14 NMX (4.5 USD). Las unidades de producción DC y D01 presentaron los puntajes más altos, con 60 y 58 puntos, respectivamente, de los 70 puntos disponibles en la encuesta realizada, mientras que las granjas restantes presentaron puntajes inferiores a 40. Mediante el análisis de clúster se pudo evidenciar la conformación de dos grupos, uno en el cual se aplicaban muchos de los preceptos de las buenas prácticas pecuarias integrado por el 28.57% de los rebaños muestreados y otro en el cual se tenían serias deficiencias de manejo animal y sanitario tanto dentro del rebaño, como en el manejo de la leche y de la manufactura del queso fresco, el cual estuvo integrado por el 71.43% de los rebaños evaluados. Este resultado es un reflejo de la situación que impera en los rebaños familiares en México y que ha sido demostrada en estudios de caracterización de sistemas productivos en San Luis Potosí (Blanco *et al.* 2021) y Puebla (Morales *et al.* 2013)

Los factores de riesgo asociados a un aumento de MAP fueron aquellas variables ligadas a las características generales del hato y de los sistemas de producción, como espacio insuficiente de

comederos y bebederos (OR = 5,505), no disponer de un lugar específico para el ordeño (OR = 3,892), no disponer de un área de ordeño cubierta (OR = 2,104), lavado de manos inadecuado antes del ordeño (OR = 5,275), secado inadecuado de los pezones (OR = 5,275) y enfriamiento inadecuado de la leche previo al proceso de elaboración del queso (OR = 1,333). Además, los siguientes factores de riesgo se asociaron con un aumento tanto en MAP como en CCS: falta de higiene en los corrales (MAP: OR = 5,275; CCS: OR = 2,000), lavado de manos inadecuado antes del ordeño (MAP: OR = 1,667; CCS: OR = 1,050), lavado de pezones inadecuado (MAP: OR = 1,667; CCS OR = 1,050), técnica de ordeño inadecuada (MAP: OR = 4,276; CCS: OR = 1,467) y uso de un postdip (MAP: OR = 4,276; y CCS: OR = 1,467). Los factores de riesgo asociados a un alto CTP incluyeron las siguientes variables: espacio insuficiente en comederos y bebederos (OR = 5,505), falta de un lugar específico para el ordeño (OR = 3,892), lavado inadecuado de manos antes del ordeño (OR = 5,275), secado inadecuado de los pezones (OR = 5,275), falta de uso de sellador (OR = 2,104), almacenamiento de la leche en recipientes sucios (OR = 3,892), producción de queso en un lugar protegido de las condiciones ambientales (OR = 3,552), recipientes sin protección contra el polvo (OR = 3,892) y falta de refrigeración del queso antes de la venta (OR = 5,275). También se identificaron factores asociados con alta significancia (p = 0,000); Estos factores incluyeron la higiene de corrales (Higiene deficiente, corrales con gran presencia de estiercol) (OR = 3,905), ordeño en sitio inadecuado (Falta de techo y piso pavimentado) (OR = 3,892), el lavado inadecuado de los pezones (OR = 1,667), la falta de uso de sellador (OR = 2,104), dias de almacenamiento de la leche previo al procesamiento (OR = 1,667), la falta de pasteurización de la leche (OR = 1,667) y la mala refrigeración del producto terminado (OR = 1,667).

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan la falta de implementación de las buenas prácticas pecuarias, de producción y manufactura en la cadena productiva del queso fresco de cabra y como estos impactan en la su calidad sanitaria, esto sin mencionar que los valores elevados de indicadores sanitarios reportados en el presente estudio representan un serio riesgo para la transmisión de Enfermedades Trasnmitidas por Alimentos a partir de estos productos.

Fuente financiadora

Proyecto PAPIIT IN203522, Cátedra de Investigació. CI2216 FES-Cuautitlan UNAM.
Recursos autogenerados del laboratorio de bacteriología del INIFAP SAI.

Referencias bibliográficas

1. Díaz-Rivera P, Cuervo-Osorio VD, Hernández-Salinas G, Cabal-Prieto A, Herrera-Corredor JA, Juárez-Barrientos JM. Efecto de la estacionalidad en la calidad microbiológica y fisicoquímica de leche de cabra producida en el centro de Veracruz, México. Biotecnia. 2022 Nov 25;25(1).
2. Pereira IA, Finger RM, Silva JR da, Freitas KB de. Hygienic-sanitary quality in family farm goat milk production. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. 2024 Oct 18;7(4)
3. Blanco de Britto Velho L. Calidad e inocuidad de quesos de leche de cabra producidos en municipios de San Luis Potosí, México. Universidad Nacional Autónoma de México; 2021
4. Morales-Pablo R, Avalos de la Cruz D, Leyva-Ruelas G, Ybarra-Moncada M. Calidad bacteriológica de leche cruda de cabra producida en Miravalles, Puebla. Rev Mex Ing Quim. 2013
5. Lopes Júnior WD, Monte DFM do, de Leon CMGC, Moura JFP de, Silva NMV da, Queiroga R de CR do E, et al. Logistic regression model reveals major factors associated with total bacteria and somatic cell counts in goat bulk milk. Small Ruminant Research. 2021;198

POTENCIAL ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA *IN VITRO* DE UN JABÓN A BASE DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO MEXICANO (*Lippia graveolens*).

Aranzazú Aydé Soto-García[1], Ana Lizet Morales-Ubaldo[1], Nallely Rivero-Perez[1], Miguel Ángel Servin-Trujillo[2], Lenin Rangel López[3], Armando Peláez Acero[1], Adrian Zaragoza- Bastida[1*]

[1]Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [2]Centro Médico Veterinario de Tulancingo. Área Académica en Ingeniería en Acuacultura, [3]División Académica en Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

*Autor para corresponcencia: adrian_zaragoza@uaeh.edu.mx

Palabras clave: jabón antibacteriano, *Staphylococcus aureus*, multirresistencia.

Introducción

En la actualidad, el uso indiscriminado de antibacterianos tanto en medicina humana como en medicina veterinaria ha desencadenado el aumento de bacterias multirresistentes a antibacterianos que dificultan el tratamiento de diversas enfermedades. Estas cepas actualmente se consideran un riesgo importante dentro del campo médico y sanitario (Cui *et al*., 2019).

En este sentido la Organización Mundial de la Salud ha publicado recientemente la nueva lista de patógenos prioritarios, en la que se incluyen 15 familias bacterianas resistentes, mismas que son clasificadas en tres categorías (crítica, alta y media), bacterias como *Staphylococcus aureus* se catalogan dentro de la prioridad alta, debido a la elevada morbilidad y mortalidad que ocasiona en países en vías de desarrollo como lo es México, dicha lista ha sido publicada con la finalidad de facilitar el establecimiento de prioridades, así como de proporcionar orientación para obtener nuevas alternativas de tratamiento para limitar la propagación de resistencia a antibacterianos.

En años recientes se ha demostrado que el aumento de la resistencia no solo se asocia con el uso de fármacos antibacterianos, si no que la exposición a agentes biocidas, particularmente los desinfectantes (clorhexidina, yodo, cloro, cloruro de benzalconio) propician la supervivencia y selección de bacterias multirresistentes. A nivel clínico el uso de desinfectantes está indicado para minimizar la carga bacteriana con potencial nocivo, sin embargo, con el aumento en los niveles de resistencia a antibacterianos es necesario replantear el uso de dichos agentes (Marin Tinoco *et al.*, 2023). Por lo antes mencionado, los tratamientos basados en el uso de extractos y aceites esenciales resultan una alternativa altamente viable y se ha demostrado que aceites esenciales obtenidos de clavo, romero, tomillo y orégano presentan elevada eficacia contra bacterias multirresistentes a antibacterianos de uso común (Merino Cruz *et al*., 2024).

El orégano mexicano (*Lippia graveolens*) es una especie utilizada como condimento en la alimentación, del cual es posible extraer aceite esencial, al respecto el carvacrol y timol son los compuestos a los cuales se les atribuyen diferentes actividades biológicas como: antiinflamatoria, antioxidante, y antibacteriana, con un amplio espectro de acción. Previamente se ha descrito su efectividad bactericida sobre cepas como *S. aureus* resistente a meticilina, por esta razón, se le ha considerado al aceite esencial de orégano como un agente antibacteriano natural (Cui *et al*., 2019. Debido a lo antes mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antibacteriana de un jabón a base de aceite esencial de orégano frente a *Staphylococcus aureus* multirresistente a antibacterianos.

Materiales y métodos

Elaboración del jabón a base de aceite esencial de orégano

Para la formulación de la base del jabón se mezclaron 50 mL de sulfato de lauril al 28%, 5 mL de betaína, 5 mL de glicerina, 38 mL de agua destilada estéril, y 1.5 mL de cloruro de sodio. A la base se le agregaron 1000 µL de aceite esencial de orégano (*L. graveolens*) como potencial agente antibacteriano. El jabón obtenido se mantuvo en refrigeración y en ausencia de luz hasta su posterior evaluación antibacteriana.

Material biológico

Como material biológico se emplearon cuatro cepas de *S. aureus*, incluida una cepa de referencia ATCC (*S. aureus*^{6538}) y tres cepas multirresistentes a antibacterianos, identificadas como *S. aureus*^{01}, *S. aureus*^{02}

y *S. aureus*03 mismas que fueron obtenidas del Laboratorio de Bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Preparación del inóculo

Cada una de las cepas fue reactivada de la crioconservación por medio de la técnica de estría simple en agar Mueller- Hinton (MCD Lab, México), se incubaron durante 24 horas a 37°C para posteriormente inocular una colonia aislada de 2.0 mL de caldo nutritivo (BD Bioxon, México) e incubarlas bajo las condiciones de tiempo y temperatura antes mencionadas. Una vez transcurrido el periodo de incubación el inóculo bacteriano se ajustó al 0.5 del patrón de turbidez de McFarland (Remel, R20421, Lenexa, KS, EE. UU.) de acuerdo con las directrices del CLSI (2012).

Determinación de la actividad antibacteriana

Para determinar la actividad antibacteriana se empleó la técnica de difusión en disco, los tratamientos a evaluar fueron los siguientes: jabón a base de aceite esencial de orégano al 1% (JO 1%), jabón quirúrgico comercial (JQ) (Antibenzil, Farmacéuticos Altamirano, México) como control positivo y como control negativo únicamente agua destilada estéril (ADE). Se realizaron cuatro repeticiones para cada uno de los tratamientos.

Por medio de la técnica de dispersión en placa con perlas de vidrio se inocularon y distribuyeron 100 µL de las suspensiones bacterianas previamente ajustadas (0.5 McFarland), permitiendo el secado de las muestras por 15 minutos, transcurrido este tiempo, se colocaron cuatro sensidiscos impregnados con 5 µL de cada uno de los tratamientos. Posteriormente las placas se incubaron a 37° C durante 24 horas para, finalmente se midieron los halos de inhibición generados y se compararon con los valores establecidos por Marín-Tinoco *et al*. (2023).

La sensibilidad de las bacterias se clasificó de la siguiente manera: no sensible para diámetros menores a 8 mm; sensible para diámetros entre 9 y 14 mm; muy sensible para diámetros entre 15 y 19 mm; y extremadamente sensible para diámetros mayores a 20 mm (Marin Tinoco *et al.*, 2023).

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar a través de ANOVA. Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante una comparación de medias por Tukey con un nivel de confianza del 95% (P=0.05), usando el programa Minitab 18.

Resultados y discusión

De acuerdo con el análisis estadístico, se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (p=0.0001), siendo el jabón quirúrgico comercial el mejor tratamiento al general halos de inhibición de entre 22.25 mm a 25.75 mm, seguido del jabón a base de orégano que generó halos de inhibición de menor tamaño (9.75 mm – 12.50 mm) (Cuadro 1).

De acuerdo con la clasificación propuesta por Marin Tinoco *et al.* (2023), las cepas de *Staphylococcus aureus* fueron extremadamente sensibles al jabón quirúrgico comercial (>20 mm), mientras que las cepas fueron sensibles al jabón a base de aceite esencial de orégano (9.0 -14.0 mm).

Cuadro 1. Medidas de los halos de inhibición (mm) del jabón a base de aceite esencial de orégano sobre *Staphylococcus aureus* multirresistente a antibacterianos.

Tratamiento	*S. aureus* 6538	*S. aureus* 01	*S. aureus* 02	*S. aureus* 03
ADE	0 ± 0^{C}	0 ± 0^{C}	0 ± 0^{C}	0 ± 0^{C}
JQC	25.75 ± 2.06^{Aa}	22.25 ± 2.22^{Ab}	25.25 ± 2.87^{Aa}	24.50 ± 1.73^{Aa}
JO1%	10.00 ± 1.41^{Bb}	12.25 ± 1.70^{Ba}	12.50 ± 1.91^{Ba}	9.75 ± 5.19^{Bb}
Valor de *P*	0.001	0.001	0.001	0.001

ADE, agua destilada estéril; JQC, jabón quirúrgico comercial; JO1%, Jabón a base de orégano 1%. $^{a, b, c}$ diferentes literales en minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias; $^{A, B, C}$ diferentes literales en mayúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias.

Estudios previos, han reportado el potencial antibacteriano del aceite esencial de *L. graveolens* sobre cepas multirresistentes a antibacterianos, incluido *S. aureus*. Por su parte, Marín Tinoco *et al*. (2023), reportaron que el aceite esencial de orégano generó halos de inhibición mayores a 8.0 mm a concentraciones mayores a 5.00 µL/mL, alcanzando medidas de hasta 36.70 mm, mientras que a concentraciones más bajas los halos de inhibición generados fueron menores a 8.0 mm, en el presente estudio a concentraciones más

bajas se determinaron halos de inhibición superiores a los determinados en dicho estudio, a pesar de las diferencias en ambos estudios dicha información confirma el potencial antibacteriano de *L. graveolens*.
Con respecto a la incorporación de aceites esenciales a bases jabonosas, Rhoades *et al*., 2013 determinó que la adición del aceite esencial de orégano (0.5%) como aditivo a un jabón para manos tuvo efectos positivos al disminuir la supervivencia de cuatro agentes bacterianos con potencial patogenicidad. Por su parte Merino-Cruz *et al*. (2024) reportaron que la formulación de un jabón a base de la combinación de aceites de clavo y orégano presentó mejor actividad en comparación con un jabón comercial sobre patógenos multirresistentes a antibacterianos, incluido *S. aureus*. Aun y cuando la metodología de las investigaciones previamente descritos sus resultados coinciden con los del presente estudio.
Respecto al mecanismo de acción, Cui *et al*. (2019) reportaron que terpenos bioactivos, timol y carvacrol contenidos en el aceite esencial de orégano causan disrupción en la membrana celular al disminuir el pH citoplasmático y aumentar la permeabilidad de membrana de *S. aureus* lo que provoca la liberación de sodio y potasio, además de inhibir la actividad enzimática intracelular, lo que afecta directamente al metabolismo celular y energético de las bacterias al interferir con el ciclo de Krebs y la vía de las pentosas fosfato del metabolismo respiratorio.

Conclusiones
Se determinó que el jabón a base de aceite esencial de orégano presentó actividad antibacteriana sobre *Staphylococcus aureus* multirresistente a antibacterianos, por lo que se sugiere que la adición de aceites esenciales en formulaciones antibacterianas representa una soluciona altamente viable para su control y tratamiento.

Agradecimientos
A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

Fuente financiadora
Este proyecto fue financiado con recursos propios

Referencias bibliográficas
1. Cui, H., Zhang, C., Li, C. & Lin, L. (2019). Antibacterial mechanism of oregano essential oil. *Industrial Crops & Products*, 139. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111498
2. Clinical and Laboratory Standards Institute . Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically (Approved Standards) CLSI; Wayne, PA, USA: 2012. CLSI document M7-A5.
3. Marin Tinoco, R. I., Ortega Ramirez, A. T., Esteban Mendez, M., Silva Marrufo, O., Barragan Ledesma, L. E., Valenzuela Núñez, L. M., Briceño Contreras, E. A., Sariñana Navarrete, M. A., Camacho Luis, A. & Navarrete Molina, C. (2023). Antioxidant and Antibacterial Activity of Mexican Oregano Essential Oil, Extracted from Plants Occurring Naturally in Semiarid Areas and Cultivated in the Field and Greenhouse in Northern Mexico. *Molecules*, 28(18), 6547. https://doi.org/10.3390/molecules28186547
4. Merino Cruz, A. P., Garcia Nishimura, F., Oti dos Santos, V. C., Guedes Steling, E., Von Zeska Kressm M. R., Marins, M. & Fachin, A. L. (2024). Essential Oil-Based Soap with Clove and Oregano: A Promising Antifungal and Antibacterial Alternative against Multidrug-Resistant Microorganisms. *Molecules*, 29, 4682. https://doi.org/10.3390/molecules29194682
5. Rhoades J, Gialagkolidou K, Gogou M, et al. Oregano essential oil as an antimicrobial additive to detergent for hand washing and food contact surface cleaning. *J Appl Microbiol*. 2013;115(4):987-994. doi:10.1111/jam.12302

EFECTO DE LA PARIDAD SOBRE CALIDAD DE CALOSTRO, DESARROLLO POSTNATAL Y CARGA PARASITARIA EN BECERRAS.

Andrea García-Mendoza[1], César Augusto Rosales-Nieto[2]*, Delia Xochil Vega-Manríquez[1] y Milagros González-Hernández[1]*.

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí; [2]Agricultural Department, Texas State University..

*Autor para correspondencia: milagros.gonzalez@uaslp.mx y tbs80@txstate.edu

Palabras clave: crianza, inmunoglobulinas, Eimeria spp.

Introducción

La crianza de becerras, o maternidad, es un aspecto crucial, ya que las acciones tomadas en la actualidad tendrán un impacto en el futuro. El productor debe criar a las becerras de la manera más eficiente posible para minimizar los costos, sin comprometer su salud y futura productividad. La fase más crítica para la sobrevivencia de una becerra lechera es durante las primeras semanas de vida y los eventos sucedidos en este periodo pueden afectar su desempeño productivo y reproductivo en el futuro. En sistemas de producción altamente tecnificados y de pequeña escala, los mayores índices de morbilidad y mortalidad en las becerras ocurren desde el nacimiento hasta el destete, lo cual se debe a problemas relacionados con enfermedades como la diarrea y la neumonía. La mortalidad también se ha agregado como un marcador para el monitoreo del bienestar animal de los establos lecheros y se ha sugerido como un indicador de la salud general de los establos. en el sistema tecnificado indican que durante la etapa de lactancia las tasas de mortalidad y morbilidad son de hasta el 6 y 38 %, respectivamente.

Se han identificado factores de riesgo y de protección significativos a nivel del establo y el animal para la mortalidad de neonatos. Los factores de riesgo a nivel del establo incluyen la desnutrición de las becerras, morbilidad, el tamaño del hato, la estrategia de agrupación de becerras, temporada, región geográfica, y la actitud de los productores hacia la crianza y el bienestar de las becerras (Osawe et al., 2021). Los factores de riesgo a nivel de la becerra incluyen el peso al nacer, el estado de inmunoglobulina (Ig) sérica, el genotipo y el sexo.

Entre los factores de riesgo más relevantes se encuentran el peso al nacimiento, el estado inmunológico del neonato, la calidad del calostro recibido, y el número de parto de la madre, ya que este último influye directamente en la composición y calidad inmunológica del calostro. Por tanto, determinar el impacto de la paridad materna sobre la calidad del calostro, la carga parasitaria y el desarrollo postnatal de las crías es fundamental para establecer estrategias de manejo más eficientes y sostenibles.

Materiales y métodos

Lugar, Animales y Tratamientos

El experimento se realizó en el Establo "Rincón del Paraíso", San Felipe, Guanajuato (2080 msnm, clima semiárido templado). Para el presente estudio se utilizaron 45 vacas Holstein y sus 45 crías hembras (n=90) de diferente paridad. Los tratamientos que se dividieron los animales fueron TRT 1: 15 vacas de primer parto; TRT 2: 15 vacas de segundo parto y TRT 3: 15 vacas de tercer parto. El presente estudio se autorizó por el Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación con el folio de autorización CICUAE/2023/02.

El manejo de vacas y Crías fue al momento del Parto Natural, sin intervención, permitiendo un Contacto madre-cría por 10 minutos. Las crías fueron pesadas al nacer y al destete. Se realizó desinfección del ombligo con yodo al 10%. Se proporcionó calostro en las primeras 2 horas (10% del peso vivo). Se colectaron muestras fecales tomadas a los 30, 60 días y al destete. La alimentación durante el periodo fue leche pasteurizada (2 tomas/día), alimento sólido y agua. El periodo de lactancia al destete fue en promedio de 72 días por bloques según la fecha y manejo del rancho.

Análisis de laboratorio

La carga parasitaria fue determinada mediante la Técnica de McMaster (huevos por gramo de heces). La calidad del calostro se realizaron pruebas de campo mediante calostrometría con calostrómetro KRUUSE y refractometría: % Brix con refractómetro portátil. La composición química del calostro: Grasa, proteína, densidad, etc., analizados en Ecomilk.

Análisis de Datos
El diseño experimental fueron Bloques al azar (bloques = número de lactancia). Con las variables de respuesta: IgG en calostro, composición química, carga parasitaria, desarrollo postnatal; Co-variables: peso al nacimiento, peso al destete, tipo de parto. Se realizó el análisis estadístico con paquete SAS v9.3, modelos mixtos (PROC MIXED).

Resultados y discusión
Calostro
Nuestros resultados indican que no existe diferencia significativa entre los métodos de medición en campo de la calidad de calostro (P>.05). El calostro proveniente de vacas de tercer parto presentó un mayor contenido de proteína (P<.05), siendo diferente entre las vacas de primer paridad y las vacas de tercer paridad. Por el contrario, el calostro obtenido de vacas de primer parto presentó un mayor contenido de grasa (P<.05, siendo diferente entre las vacas de segunda y tercer paridad. Respecto a la densidad del calostro y el contenido de sólidos no grasos (SNG) no se encontró diferencia entre los tratamientos (P > 0.05; Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química del calostro obtenida.

	Composición Química de Calostro (%)			
Paridad	**Proteína**	**Grasa**	**Densidad**	**SNG**
1	4.85	5.705	48.583	13.758
2	5.4193	3.429	52.694	22.261
3	6.8460	2.893	53.731	22.261
P valor	0.0223	0.03	0.7579	0.2354

Una posible explicación a que no se encontraron diferencias en estas mediciones entre tratamientos es debido a que la escala de medición del calostrómetro tiende a sobreestimar la calidad de calostro y a clasificar 2 de 3 calostros como aceptables, adicionalmente el alto contenido de grasa puede afectar la lectura del refractómetro por lo que ambas metodologías no muestran la cantidad de Igs exacta. Respecto a la composición química del calostro, el calostro presentó un mayor contenido de proteína en las vacas del tercer tratamiento y las vacas del primer tratamiento con un porcentaje mayor de grasa que el resto. Esto es debido a que a medida que las vacas envejecen, quedan expuestas a más patógenos específicos del establo, lo que potencialmente aumenta la concentración de IgG en el calostro, por lo que el número de parto de la vaca influirá en la calidad de calostro y en la concentración de Igs (García et al., 2022).

Peso y desarrollo posnatal.
Respecto al peso al nacimiento de las crías obtuvimos una diferencia altamente significativa entre los tres tratamientos (P < 0.001), al igual que en la altura al destete (P < 0.001), ganancia de peso y altura al destete (P < 0.05). Por lo tanto, el crecimiento de las crías se vio comprometido con el peso al nacimiento, nuestros resultados difirieron entre tratamientos (P<.05) con respecto a la ganancia de peso y altura al destete. Las crías de primer parto tuvieron una ganancia de peso al destete menor (P<.05). Los resultados indican que la altura al destete difirió entre tratamientos (P<.001) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Peso al nacimiento, ganancia de peso y peso y altura al destete

	Peso (kg) y altura (cm)			
Paridad	**Al nacimiento**	**Al destete**	**Ganancia al destete**	**Altura al destete**
1	30.8	71.20	40.40	87.867
2	38.533	85.667	47.133	91.533
3	41.267	95.667	54.400	96.467
P valor	<.001	<.001	.0023	.0003

Respecto al peso al nacimiento que difirió entre tratamientos, siendo las crías de vacas de primer paridad más ligeras al nacimiento, esto es debido a que las vaquillas deben de dividirse los nutrientes entre su propio crecimiento y el crecimiento intrauterino de la descendencia. Respecto a altura al destete, siendo la progenie del tercer tratamiento la que presentó mayor altura al destete, y presentando una relación positiva moderada con la ganancia de peso, esto es debido a que el crecimiento de las becerras está fuertemente influenciado por la cantidad de leche consumida durante el periodo de lactancia, una elevada cantidad de consumo de leche antes del destete, mejora la salud, las tasas de crecimiento, la eficiencia alimenticia y la producción a lo largo de toda la vida (Steele et al., 2017).

Carga Parasitaria

El total de las muestras por TRT fueron de 45 (15 a los 30 días post nacimiento, 15 a los 60 días post nacimiento y 15 al destete). Respecto a la prevalencia de coccidia presente en las crías durante los tres distintos periodos (30, 60 días y al destete) no se observó diferencia significativa (P>.05), lo que sugiere que a pesar de que la coccidiosis afecta principalmente a animales jóvenes, esto es independiente a la calidad de calostro que recibieron durante las primeras horas de vida. Probablemente debido a que las Igs presentes en el calostro bovino no son el mecanismo principal de inmunidad contra las coccidias.

Conclusiones

En la presente investigación se encontró una relación positiva entre la paridad materna y el porcentaje de proteína del calostro, la cual tuvo un efecto en el peso al nacimiento, ganancia de peso y altura y peso al destete pero no en la carga parasitaria en ningún periodo evaluado.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al rancho Rincón del paraíso por las facilidades otorgadas para el presente estudio. El trabajo fue autofinanciado por los autores.

Referencias bibliográficas

1. García A., Navarro F., Vega D. X., Vazquez J.M., Hernández L., Rivas J., Villa Real D.M., Rosales C.A., (2022). Calidad de calostro e inmunidad pasiva en neonatos incrementa con el número de partos de la madre.
2. Osawe, O. W., D. Läpple, A. Hanlon, and L. Boyle. (2021). Exploring farmers' attitudes and determinants of dairy calf welfare in an expanding dairy sector. J. Dairy Sci. 104:9967–9980. https://doi .org/10.3168/jds.2020-19550.
3. Steele, M. A., J. H. Doelman, L. N. Leal, F. Soberon, M. Carson, and J. A. Metcalf. (2017). Abrupt weaning reduces postweaning growth and is associated with alterations in
4. gastrointestinal markers of development in dairy calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning period. J. Dairy Sci. 100:5390–5399.

EPIDEMIOLOGÍA MOLECULAR DEL VIRUS DE LA RABIA CIRCULANTE EN *DESMODUS ROTUNDUS* MEXICANOS CON USO DE SECUENCIAS GENOMICAS COMPLETAS.

Paulina Fragoso-Zamora[1*], Isabel Bárcenas-Reyes [2], Juan Antonio Montaño-Hirose [3], Sara González-Ruiz [2], Emilio Venegas-Cureño [3], Feliciano Milián-Suazo[2], Carlos Enrique Jasso-Villazul[3], Alejandro Enriquez-Vázquez[2], Marina Durán-Aguilar[2].

[1]Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. [2]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro. [3] Centro Nacional de Servicios de Diagnóstico en Salud Animal

*Autor para correspondencia: paulina.fragoso@outlook.com

Palabras clave: rabia, genoma-completo, filogenia, *Desmodus-rotundus.*

Introducción.

La rabia es una enfermedad zoonótica causada por un virus de ARN neurotrópico de la familia *Rhabdoviridae* del género *Lyssavirus*, con una letalidad del 100% una vez que se desarrollan los signos clínicos. En América Latina y México, el reservorio principal y potencial transmisor del virus de la rabia a animales domésticos y humanos es el murciélago hematófago o vampiro común *Desmodus rotundus* (*D. rotundus*) *(*Dietzgen *et al*., 2017). En 2019, México fue reconocido por la Organización Mundial de la Salud como el primer país libre de casos de rabia humana transmitida por perros, no obstante, el virus de la rabia (VR) se mantiene circulando en fauna silvestre, principalmente en *D. rotundus*, lo que representa un riesgo para la incidencia de casos de rabia en humanos, perros, gatos y especies ganaderas, principalmente en las zonas donde el murciélago está presente (Aréchiga-Ceballos *et al*., 2022; Ortega-Sánchez *et al*., 2024). El VR es un problema urgente de atender en México, en el periodo 2020-2024 los casos de rabia ocurridos en humanos se deben principalmente a la transmisión por mordedura de *D. rotundus* y dos por mordedura de gato asociados a la variante antigénica V5 que corresponde al vampiro común (SIRVERA., s.f.). La epidemiología molecular del VR en México se ha basado en la construcción de filogenias a partir de secuencias parciales del genoma. Esto ha permitido explicar asociaciones entre las cepas virales circulantes en sus reservorios en una misma zona geográfica de acuerdo con sus variantes antigénicas y ha sido útil para comprender la diseminación del virus de campo en diferentes zonas geográficas. Sin embargo, esta metodología limita la comparación entre genes, regiones reguladoras y no codificantes que pudieran interferir en la presión de selección y por ende en la tasa de mutación de cada región (Wadas *et al*., 2025), ocultando patrones filogenéticos con información sobre las cepas virales que circulan en murciélagos vampiro *D. rotundus* y su potencial adaptación para riesgos zoonóticos emergentes. El uso de secuencias de genoma completo del VR en los estudios filogenéticos aumenta el poder discriminatorio para una mejor diferenciación las cepas (Bárcenas-Reyes *et al*., 2017; Wadas *et al*., 2025) para identificar riesgos zoonóticos emergentes de la enfermedad a causa de la potencial adaptación evolutiva del virus en sus reservorios naturales como es *D. rotundus*. El objetivo de este trabajo fue caracterizar 13 secuencias de genoma completo (SGC) del VR proveniente de *D. rotundus* de diferentes zonas geográficas de México para identificar con una mejor resolución filogenética las cepas circulantes del VR en murciélagos vampiro.

Materiales y métodos.

Se analizaron 13 SGC provenientes de muestras encefálicas de *D. rotundus* que fueron remitidas y secuenciadas con la plataforma de Illumina en el Centro Nacional de Servicios de Diagnóstico en Salud Animal (CENASA) en el periodo de 2020 a 2024. Como primer paso, para conocer la distribución geográfica de las secuencias, se realizó un mapa en GoogleEarth y se comparó con la distribución *Desmodus rotundus* reportado por la CONABIO y los casos de rabia en humanos reportados en el SIRVERA. Posteriormente, a las 13 secuencias, se les realizó el alineamiento múltiple con el programa MAFFT v7.505, posteriormente, se analizaron las secuencias en el programa ModelTest-NG v0.1.7 con la finalidad de obtener el modelo de sustitución nucleotídica adecuado para el análisis filogenético. Una vez obtenido el modelo de sustitución, se obtuvo el árbol filogenético de las secuencias a través del programa Mr. Bayes v3.2.7 a para análisis de inferencia bayesiana y se visualizó con el programa FigTree v1.4.

Resultados y Discusión.

La geo-localización de las 13 SGC del virus de la rabia proveniente de muestras encefálicas de *D. rotundus* mexicanos correspondió a los estados de Chihuahua, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, mostró un patrón espacial relacionado con la distribución geográfica para la presencia de *D. rotundus* y los casos de rabia en humanos reportados en el Sistema de Información Regional para la Vigilancia Epidemiológica de la Rabia (SIRVERA, s.f.), en las que ambas se extienden desde el sur por la costa del Golfo de México y la costa del Océano Pacífico hasta el sur del norte del País, así como también en la zona centro. Esto concuerda con lo reportado por Ortega-Sánchez y colaboradores en 2024, que indica que estas zonas son de mayor riesgo de incidencia de casos de rabia en el humano y cualquier otra especie animal, así como las zonas con mayor presencia de poblaciones de murciélagos vampiro susceptibles a la infección con el VR. Respecto a la rabia en el ganado, rabia paralítica bovina (RPB), en nuestro país está presente en el 76% del territorio nacional, que también coincide con el patrón de distribución del murciélago hematófago, ya que en los últimos años el riesgo para la presencia de casos de RPB ha mostrado una tendencia hacia zonas geográficas donde las condiciones ambientales no son óptimas para la presencia de *D. rotundus*. En la figura 1, se puede observar la distribución de *D. rotundus* en México (puntos azules), casos en humanos (puntos rojos) y localización de origen de las muestras secuenciadas (viñetas de murciélago). En la topología del árbol filogenético (Figura 2), se observó que, de 5 nodos internos, 3 de ellos tienen valores de bootstrap del 100%, sin embargo, todos los nodos terminales tienen valores de bootstrap mayores del 80%. Esto permitió obtener cuatro grupos bien diferenciados con correspondencia geográfica para México. Nuestros resultados coinciden con Bárcenas-Reyes y colaboradores que, en 2017, al usar SGC del VR, 22 de 23 nodos internos mostraban valores de bootstrap superiores al 90% obteniendo una mejor resolución filogenética en comparación con secuencias parciales del genoma. En el primer grupo se agruparon las cepas encontradas en los estados de Jalisco, Colima, Edo. de México Michoacán y Nayarit, pero la longitud de sus ramas terminales sugiere que la cepa de Nayarit es la más antigua de este clado y que la división de los nodos terminales es por la colindancia de las entidades que favorecen el movimiento de las cepas virales entre las colonias de murciélagos *D. rotundus*. El segundo grupo correspondió para los estados del Norte del país (Chihuahua y Sonora) con longitud de ramas similares, el tercer grupo agrupó a la zona del sur (Oaxaca, Guerrero y Puebla), y particularmente el análisis filogenético revelo un cuarto grupo que agrupó a las cepas de los estados de la costa del Golfo de México (Veracruz y Tamaulipas) y Querétaro, lo que también sugiere por la longitud de las ramas terminales que la cepa de Veracruz es la más antigua de



Figura 1. Geo-localización de las 13 SGC del virus de la rabia proveniente de *D. rotundus* mexicanos del periodo 2020 - 2024.

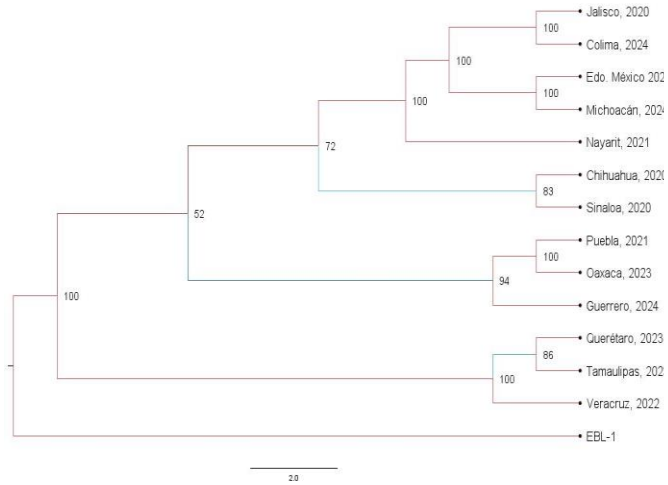


Figura 7 Árbol filogenético de 13 SGC del virus de la rabia de *Desmodus rotundus* de 2020 a 2024.

este clado y que las cepas del centro y norte del país no son endémicas de su zona geográfica.

Conclusiones

El análisis de las 13 secuencias de genoma completo del VRAB permitió conocer su agrupamiento con correspondencia geográfica y un buen soporte de los nodos. Las secuencias del norte, centro y occidente tienden a agruparse por proximidad geográfica, lo cual sugiere migración viral regional. Sin embargo, la capacidad de inferencia de los análisis filogenéticos depende de la exhaustividad y representación del muestreo, se sugiere tener una vigilancia genómica más robusta para mejorar el soporte de los nodos internos. Evaluar las características evolutivas de las cepas de virus circulantes en estos murciélagos permitirá la implementación de estrategias de control efectivas fundamentadas en el estudio integral de la filodinámica del VRAB y la dispersión de los murciélagos vampiros, a su vez, puede ser de apoyo para la generación de vacunas que contemplen la variación viral dada por la divergencia genética, anticipando los mecanismos de evasión de la respuesta inmunitaria, así como posibles terapias antivirales.

Agradecimientos.

Al Doctor Carlos Enrique Jasso Villazul, Director del CENASA, a la IBT Patricia Mora y el Biólogo Marco Hernández del Laboratorio de Biología Molecular. Al Cuerpo académico Mejoramiento Animal Integral de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Fuente financiadora.

Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro.

Referencias bibliográficas.

1. Aréchiga Ceballos, N., Puebla Rodríguez, P., & Aguilar Setién, Á. (2022). The New Face of Human Rabies in Mexico, What's Next After Eradicating Rabies in Dogs. Vector-Borne Zoonotic Dis, 22 (2), 69-75.
2. Bárcenas-Reyes, I., Loza-Rubio, E., Cantó-Alarcón, G. J., Luna-Cozar, J., Enríquez-Vázquez, A., Barrón-Rodríguez, R. J., & Milián-Suazo, F. (2017). Whole genome sequence phylogenetic analysis of four Mexican rabies viruses isolated from cattle. Research in veterinary science, 113, 21–24. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.08.004.
3. Dietzgen, R. G., Kondo, H., Goodin, M. M., Kurath, G., & Vasilakis, N. (2017). The family Rhabdoviridae: Mono- and bipartite negative-sense RNA viruses with diverse genome organization and common evolutionary origins. Virus Res., 227, 158-170. https://doi.org/10.1016/j.virusres.2016.10.010
4. Ortega-Sánchez, R., Bárcenas-Reyes, I., Luna-Cozar, J., Rojas-Anaya, E., Cuador-Gil, J. Q., Cantó-Alarcón, G. J., Veyna-Salazar, N., González-Ruiz, S., & Milián-Suazo, F. (2024). Spatial-temporal risk factors in the occurrence of rabies in Mexico. Geospatial health, 19(1), 10.4081/gh.2024.1245. https://doi.org/10.4081/gh.2024.1245
5. Wadas, I., & Domingues, I. (2025). Systematic Review of Phylogenetic Analysis Techniques for RNA Viruses Using Bioinformatics. Int. J. Mol. Sci., 26(5), 2180. https://doi.org/10.3390/ijms26052180

EFECTO DE LA PRESENCIA de *Varroa destructor* EN LAS COLONIAS DE ABEJAS SOBRE LA PREVALENCIA DEL VIRUS DE LAS ALAS DEFORMES.

Laura Yavarik Alvarado-Avila[1]*, Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco[1], Francisco Javier Ramírez-Ramírez[1], Claudia García Figueroa[1,2]

[1]CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
[2]Faculty of Science, University of Alberta

*Autora para correspondencia: alvarado.laura@inifap.gob.mx

Palabras clave: abejas melíferas, *Varroa destructor*, virus de las alas deformes, prevalencia

Introducción

El virus de las alas deformes es un virus ARN de una sola hebra positiva que afecta la salud de las colonias de abejas melíferas. Pertenece a la familia *Iflaviridae* y al orden *Picornavirales*, tiene una distribución mundial y fue detectado por primera vez en México en 2012 (Guzmán-Novoa *et al*., 2012).
La transmisión del virus de las alas deformes se da en forma horizontal, vertical, y principalmente de forma vectorial a través del ácaro *Varroa destructor*. Este ácaro es el principal problema sanitario que enfrenta la apicultura a nivel mundial, ya que afecta la producción de miel de las colonias de abejas y representa una seria amenaza para la supervivencia de las abejas melíferas

Cuando el virus se transmite de forma horizontal o vertical, los títulos virales en las abejas son bajos, por lo que no se presentan signos clínicos; sin embargo, en la transmisión vectorial por *Varroa destructo*r el virus se replica dentro del ácaro, por lo que los títulos virales aumentan y las abejas presentan signos como reducción del peso corporal, reducción del tamaño del abdomen, despigmentación, un periodo de vida más corto, mortalidad de pupas, y malformación de las alas.

El virus de las alas deformes es uno de los factores asociados a la pérdida de colonias que se ha reportado durante los últimos años en varias partes del mundo principalmente cuando es transmitido por *Varroa destructor*.

El objetivo de este estudio fue determinar si la presencia de *Varroa destructor* en las colonias de abejas tiene un efecto sobre la prevalencia del virus de las alas deformes.

Materiales y métodos

Para el desarrollo del estudio se utilizaron 340 colonias de abejas, de cada una de las colonias se tomaron dos tipos de muestras de abejas obreras. El primer tipo de muestra se tomó para determinar si las colonias estaban infestadas por *Varroa destructor* y estuvo formada por aproximadamente 200 abejas obreras que se tomaron en frascos de plástico con alcohol al 70%. El segundo tipo de muestra se tomó para determinar la presencia del virus de las alas deformes en las colonias y estuvo formada por aproximadamente 30 abejas obreras vivas que se tomaron en jaulas de cartón para su traslado al laboratorio.

Para determinar si las colonias estaban infestadas por *Varroa destructor*, los frascos que contenían las muestras de abejas en alcohol se agitaron utilizando un agitador mecánico de laboratorio durante 15 minutos para desprender a los ácaros del cuerpo de las abejas, al finalizar este proceso, el contenido del frasco se depositó en un recipiente de color blanco y se utilizaron unas pinzas de disección para separar a las abejas y a los ácaros presentes en la muestra.

Para determinar si las colonias eran positivas al virus de las alas deformes, las abejas vivas que se trasladaron al laboratorio en las jaulas de cartón se introdujeron en tubos de 15 ml y se colocaron en un ultracongelador a -80°C para sacrificarlas. Se extrajo el ARN de cada muestra, homogeneizando 15 abejas en nitrógeno líquido y utilizando Trizol™, posteriormente, se sintetizó ADN complementario para cada muestra, utilizando 800ng de ARN y el kit Verso cDNA Synthesis. El diagnóstico del virus de las alas deformes se realizó mediante RT-PCR utilizando los iniciadores diseñados por Chen *et al* (2005) y por Guzmán-Novoa *et al* (2012). El producto de la PCR se resolvió en geles de agarosa al 1.2% que se tiñeron con Gel Red y se visualizaron con luz ultravioleta.

Con base a los resultados de las pruebas, las colonias se clasificaron en colonias infestadas y en colonias no infestadas por *Varroa destructor* y en colonias positivas o negativas al virus de las alas deformes.

Para determinar si la presencia de *Varroa destructor* en las colonias de abejas tiene efecto sobre la prevalencia del virus de las alas deformes, se utilizó una prueba de homogeneidad para determinar si la frecuencia absoluta de colonias positivas y negativas al virus de las alas deformes se distribuye de forma homogénea entre las colonias positivas y negativas a *Varroa destructor*.

Resultados y discusión

De las 340 colonias incluidas en el estudio, 254 colonias estuvieron infestadas por *Varroa destructor* y 86 estuvieron libres del ácaro. Con base en estos resultados, la prevalencia estimada para la varroosis en las colonias incluidas en el estudio fue 0.75.

De las 340 colonias incluidas en el estudio, 233 resultaron positivas y 107 resultaron negativas al virus de las alas deformes. Con base en estos resultados, la prevalencia estimada para el virus de las alas deformes en las colonias analizadas es de 0.68.

Se encontró que la distribución de colonias positivas y negativas al virus de las alas deformes no fue homogénea en las colonias positivas y negativas a *Varroa destructor* (Xi^2=10.281; n=340; P<0.05). De las 254 colonias infestadas por *Varroa destructor*, 186 (73%) resultaron positivas y 68 (24%) resultaron negativas al virus de las alas deformes, mientras que en las 86 colonias que no estaban infestadas por *Varroa destructor*, 47 (55%) resultaron positivas y 39 (45%) resultaron negativas al virus de las alas deformes. La prevalencia del virus de las alas deformes para las colonias positivas a *Varroa destructor* fue de 0.73, y para las colonias negativas a *Varroa destructor* fue de 0.55 (Figura 1).

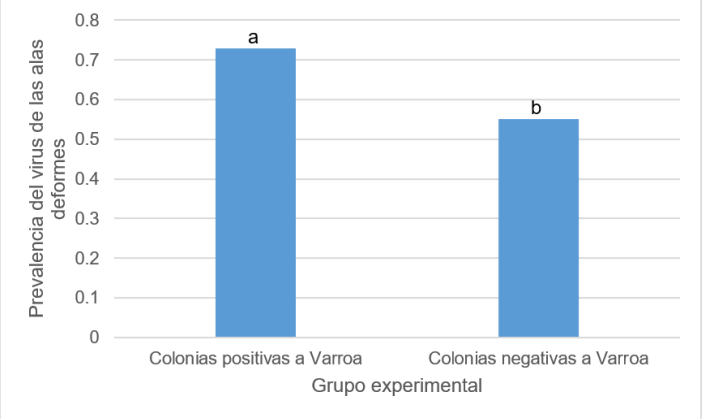


Figura 1: Prevalencia del virus de las alas deformes para las colonias positivas a *Varroa destructor* y para las colonias negativas a *Varroa destructor*. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en una prueba de homogeneidad (P<0.05).

Los resultados de este estudio indican que *Varroa destructor* tiene un efecto sobre la prevalencia del virus de las alas deformes en las colonias de abejas. La prevalencia del virus de las alas deformes fue mayor en colonias infestadas por *Varroa destructor* que en colonias que no estaban infestadas por el ácaro.

Otros estudios también reportan una relación entre *Varroa destructor* y el virus de las alas deformes. Anguiano-Baez *et al*., (2016) encontraron que colonias positivas al virus de las alas deformes tuvieron una mayor infestación por *Varroa destructor* que las colonias negativas al virus, mientras que Di Prisco *et al*., (2011), encontraron que el incremento en el número de ácaros de *Varroa destructor* presentes en una colonia de abejas tiene un efecto aumentando la concentración de virus de las alas deformes en las abejas.

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que la presencia de *Varroa destructor* en las colonias de abejas tiene un efecto sobre la prevalencia del virus de las alas deformes. En las colonias infestadas por *Varroa destructor* la prevalencia del virus de las alas deformes es mayor que en colonias que están libres del ácaro.

.

Referencias bibliográficas

1. Anguiano-Baez R, Guzman-Novoa E, Md Hamiduzzaman M, Espinosa-Montaño LG, Correa-Benítez A. *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) parasitism and climate differentially influence the prevalence, levels, and overt infections of deformed wing virus in honey bees (Hymenoptera: Apidae). J Insect Sci 2016;16(1),44.
2. Chen YP, Higgins JA, Feldlaufer MF. Quantitative real-time reverse transcription-PCR analysis of Deformed wing virus infection in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Appl Environ Microbiol* 2005:71, 436–441.
3. Di Prisco G, Zhang X, Pennacchio F, Caprio E, Li J, Evans J D, De Grandi-Hoffman G, Hamilton M, Chen, YP. Dynamics of persistent and acute deformed wing virus infections in honey bees, *Apis mellifera*. Viruses 2011;3(12), 2425-2441.
4. Guzmán-Novoa E, Hamiduzzaman M, Espinosa-Montaño L, Correa-Benítez A, Anguiano-Baez R, Ponce-Vázquez R (2012) First detection of four viruses in honey bee (*Apis mellifera*) workers with and without deformed wings and *Varroa destructor* in Mexico, *J Apic Res* 2012:51:4,342-346, DOI: 10.3896/IBRA.1.51.4.08.

EFECTO DEL CLIMA SOBRE LOS NIVELES DE INFESTACIÓN DE *Varroa destructor* EN COLONIAS DE ABEJAS.

Francisco Javier Ramírez-Ramírez[1*], Miguel Enrique Arechavaleta-Velasco[1], Laura Yavarik Alvarado-Avila, Claudia García Figueroa[1,2]

[1]CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
[2]Faculty of Science, University of Alberta

*Autor para correspondencia: ramirez.javier@inifap.gob.mx

Palabras clave: clima, *Varroa destructor*, niveles de infestación.

Introducción

El principal problema sanitario que enfrenta la apicultura en México y en el resto del mundo es la varroosis, que es una parasitosis externa causada por el ácaro *Varroa destructor*.

Este ácaro se alimenta del tejido graso de abejas adultas, y de la hemolinfa de larvas y pupas, lo que afecta su desarrollo normal, lo que provoca que se generen abejas adultas con bajo peso corporal, con un periodo de vida corto y en algunos casos con deformidades en alas, patas y antenas.

El impacto de este parásito en las colonias de abejas depende del porcentaje de infestación, ya que puede provocar la muerte de la colonia cuando los porcentajes de infestación son mayores al 30% y afectar la producción de miel hasta en un 65% cuando los niveles de infestación son superiores el 6%.

Existen varios factores que influyen sobre la distribución de *Varroa destructor* y sobre los niveles de infestación que puede alcanzar el ácaro en las colonias de abejas (Guzmán-Novoa, *et al.,* 1999). Algunos estudios indican que el clima influye sobre la distribución y sobre los niveles de infestación de *Varroa destructor*.

En un estudio que se desarrolló en Brasil, se reportó que existe una relación entre la temperatura anual promedio y el nivel de infestación en las colonias, siendo las zonas con temperaturas promedio más bajas en donde se presentaron los mayores niveles de infestación promedio de *Varroa destructor* en las colonias (Moretto, *et al.,* 1991). Un estudio que se realizó en México indica que los niveles de infestación de *Varroa destructor* fueron más altos en colonias ubicadas en los climas templado sub húmedo y tropical tuvieron que en colonias que estaban ubicadas en un clima seco templado (Medina-Flores *et al*., 2014).

Sin embargo, también existen estudios que indican que el clima no tiene efecto sobre los niveles del ácaro en las colonias, en un estudio que se desarrolló en México, no se encontraron diferencias en los niveles de infestación de *Varroa destructor* en colonias localizadas en los climas templado y subtropical (Ramos-Cuellar *et al*., 2022).

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto que tiene el tipo de clima sobre los niveles de infestación de *Varroa destructor* en colonias de abejas.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en 214 apiarios ubicados en Morelos. Para identificar el tipo de clima de cada apiario, se obtuvieron las coordenadas geográficas de los apiarios utilizando un aparato de geoposicionamiento satelital (GPS) y utilizando esta información se determinó la ubicación de los apiarios y se identificó el tipo de clima que corresponde a cada apiario de acuerdo a las cartas de climas publicadas por INEGI.
En cada uno de los apiarios incluidos en el estudio se seleccionó en forma aleatoria al 20% de las colonias de abejas. De cada una de las colonias seleccionadas (n=1134) se obtuvo una muestra de aproximadamente 200 abejas obreras en frascos con alcohol al 70%.

Para estimar el porcentaje de infestación de *Varroa destructor* de cada colonia, los frascos que contenían las muestras de abejas en alcohol se agitaron utilizando un agitador mecánico de laboratorio durante 15 minutos para desprender a los ácaros del cuerpo de las abejas, al finalizar este proceso, el contenido del frasco se depositó en un recipiente de color blanco, utilizando unas pinzas de disección se separaron y contaron tanto las abejas como los ácaros presentes en la muestra.

Para determinar el nivel de infestación promedio de *Varroa destructor* en las colonias, se dividió el número de ácaros presentes en la muestra entre el número de abejas que había en la muestra y se multiplico este valor por 100. Se estimó el nivel de infestación de *Varroa destructor* promedio para toda la población y para cada tipo de clima.

Para determinar si el clima influye sobre los niveles de infestación del ácaro, se compararon los porcentajes de infestación en las colonias de los diferentes tipos de clima utilizando un análisis de varianza bajo un modelo aleatorio simple. Para identificar diferencias entre las medias de los tipos de clima se utilizó la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Los 214 apiarios incluidos en el estudio estuvieron ubicados en tres tipos de climas: templado subhúmedo C(w) (n=23); semicálido A(w) (n=109) y cálido subhúmedo ACw (n=82). De las 1134 colonias incluidas en el estudio, 129 colonias estuvieron localizadas en apiarios ubicados en el clima templado subhúmedo, 560 colonias estuvieron ubicadas en el clima semicálido y 445 colonias se localizaron en el clima cálido subhúmedo.

El nivel de infestación promedio en las 1134 colonias fue de 3.79±0.14%, con un porcentaje mínimo de infestación de 0.0% y un máximo de 40.46%.

Se encontraron diferencias para el porcentaje de infestación de *Varroa destructor* de las colonias en los tres tipos de clima ($F=16.39$; $gl=2,892$; $P<0.01$). El nivel de infestación promedio de las colonias ubicadas en el clima templado subhúmedo C(w) fue significativamente superior al de las colonias ubicadas en los climas semicálido A(w) y cálido subhúmedo ACw. ($P<0.05$). No se encontraron diferencias en el porcentaje de infestación promedio de las colonias ubicadas en los climas semicálido A(w) y cálido subhúmedo ACw. ($P>0.05$).

El porcentaje de infestación promedio de las colonias ubicadas en el clima templado subhúmedo C(w) fue 7.51±0.54, mientras que el de las colonias ubicadas en el clima semicálido A(w) fue 4.92±0.29 y el de las colonias ubicadas en el clima cálido subhúmedo ACw fue 4.06±0.27 (Figura 1).

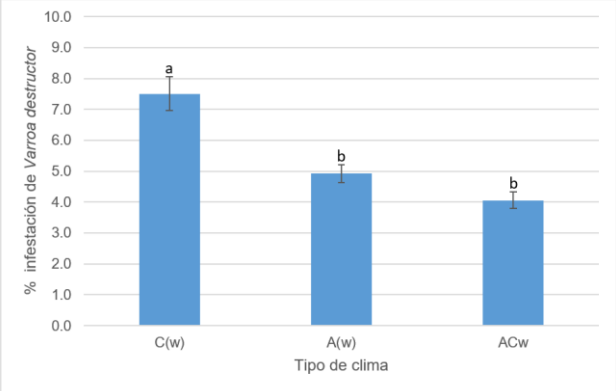


Figura 1: Porcentaje de infestación promedio de *Varroa destructor* de las colonias ubicadas en el clima templado subhúmedo C(w), clima semicálido, y clima cálido subhúmedo ACw. Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos con base en un análisis de varianza y una prueba de Tukey ($P<0.01$).

El clima tuvo un efecto sobre los niveles de infestación de Varroa. El nivel de infestación del ácaro fue mayor en el clima con una menor temperatura promedio anual y una mayor precipitación anual en comparación con los climas que tienen mayor temperatura promedio anual y menor precipitación. La relación detectada en este estudio entre los niveles de infestación de *Varroa destructor* con el tipo de clima, coincide con lo reportado por otros autores, en estos estudios se encontró que los niveles de infestación fueron mayores en climas templados y fríos en comparación con los niveles de infestación encontrados en climas cálidos (Moretto, *et al.,* 1991; Medina-Flores *et al*., 2014).

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que el tipo de clima influye sobre los niveles de infestación de *Varroa destructor* en las colonias de abejas. El porcentaje de infestación promedio del ácaro en las colonias fue más alto en el clima templado subhúmedo que en los climas semicálido y cálido subhúmedo.

Referencias bibliográficas

1. Guzmán-Novoa E, Vandame R, Arechavaleta ME. Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. in Mexico. Apidologie 1999;30:173-182.
2. Medina-Flores CA, Guzmán-Novoa E, Hamiduzzaman MM, Aréchiga-Flores CF, López-Carlos MA. Africanized honey bees (*Apis mellifera*) have low infestation levels of the mite *Varroa destructor* in different ecological regions in Mexico. Genet Mol Res 2014;13,7282–7293.
3. Moretto G, Gonçalves LS, De Jong D, Bichuette MZ. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud infestations in Brazil. Apidologie 1991;22:197-203.
4. Ramos-Cuellar AK, De la Mora A, Contreras-Escareño F, Morfin N, Tapia-González JM, Macías-Macías JO, Petukhova T, Correa-Benítez A, Guzmán-Novoa E. Genotype, but not climate, affects the resistance of honey bees (*Apis mellifera*) to viral infections and to the mite *Varroa destructor*. Vet Sci 2022; 9,358.

POTENCIAL TERAPÉUTICO DE UNA FORMULACIÓN MULTI-HERBAL COMO ESTRATEGIA INNOVADORA Y SOSTENIBLE FRENTE A PATÓGENOS ASOCIADOS A MASTITIS BOVINA.

Ana Lizet Morales-Ubaldo[1], Nallely Rivero-Perez[1], Benjamín Valladares Carranza[2], Manases Gonzalez-Cortazar[3], Apolonio Vargas Torres[1], Adrian Zaragoza-Bastida[1*]

[1]Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
[2]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. Centro de Investigación Biomédica del Sur, Instituto Mexicano del Seguro Social.

*Autor para correspondencia: adrian_zaragoza@uaeh.edu.mx

Palabras clave: actividad antibacteriana, fitoterapia, salud animal.

Introducción

La mastitis bovina, definida como la inflamación de la glándula mamaria, es una de las patologías con mayor prevalencia dentro de los hatos lecheros, afectando al 40% de los animales, impactando negativamente en la salud y productividad de estos. Se caracteriza por ser una enfermedad multifactorial, sin embargo, la etiología bacteriana es la de mayor frecuencia, siendo *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* los agentes de mayor importancia y responsables de infecciones crónicas subclínicas o clínicas (Molineri, Camussone et al., 2021; Freu, Tomazi et al., 2022).

Durante décadas el uso de antibacterianos ha sido el tratamiento de elección para tratar la enfermedad, sin embargo, inadecuado de estos compuestos ha propiciado la constante aparición de bacterias multirresistentes a las diferentes familias de antibacterianos (Molineri, Camussone et al., 2021; de Oliveira *et al*., 2022; Crespi *et al.,* 2022; Touza-Otero, Landin et al., 2024). Esto ha motivado la búsqueda de alternativas innovadoras y eficaces para la prevención y tratamiento de la mastitis.

El uso de formulaciones multi-herbales se ha propuesto como una alternativa altamente viable, debido a que a lo largo de los años se han utilizado para curar enfermedades complejas, aunque se ha estudiado ampliamente la eficacia antimicrobiana de compuestos vegetales individuales, la investigación sobre formulaciones multi-herbales que combinen extractos y aceites esenciales sigue siendo limitada, especialmente en el sector agropecuario (Panossian *et al*., 2024).

Estas combinaciones podrían tener efectos sinérgicos, mejorando la eficacia y ampliando el espectro de acción, lo cual es valioso para la medicina veterinaria o productos lácteos (Vaou, Stavropoulou et al., 2022; Sharafi, Moradi et al., 2023; Angane, Swift et al., 2024; Abu-Hussien, Nasry et al., 2025). En este sentido, las formulaciones multi-herbales representan una estrategia prometedora para el control y tratamiento de la mastitis bovina. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad antibacteriana de una formulación multi-herbal frente a *S. aureus* y *E.coli* asociados con mastitis bovina.

Materiales y métodos

Formulación multi-herbal

Los componentes herbales incluyeron diferentes concentraciones de *Larrea tridentata*, *Caesalpinia coriaria*, *Lippia graveolens* y *Syzygium aromaticum*, que se solubilizaron en una solución de Dimetilsulfóxido al 15 % y Tween 80 ® al 0,5 % (SIGMA P1754, St. Louis, MO, EE. UU.).

Material biológico

Como cepas indicadoras se utilizaron las cepas ATCC *S. aureus*^{6538} y *E. coli*^{35218} pertenecientes al laboratorio de bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, perteneciente al Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Preparación del inóculo

Una colonia pura de cada cepa se inoculó en caldo nutritivo (BD Bioxon), el cual fue incubado en agitación constante (70rpm) por 24 horas a 37º C. Trascurrido el tiempo de incubación, el inóculo se ajustó al 0.5 del patrón de turbidez de McFarland, el cual corresponde a 150 x 10^6 cel/mL (CLSI 2012).

Actividad antibacteriana

Para determinar la actividad antibacteriana de la formulación multi-herbal (50.76 mg/mL) se utilizó la técnica de difusión en disco. Como control negativo se utilizó agua destilada estéril y como control positivo kanamicina (30 µg/mL). se realizaron cuatro repeticiones de cada tratamiento. En agar Mueller-Hinton, se inocularon 100µL de la suspensión bacteriana previamente ajustada, cada placa se dejó secar durante 15 minutos. Transcurrido este tiempo, se colocó una alícuota de 5 µL de cada uno de los tratamientos a evaluar. Las placas Petri fueron incubadas durante 24 horas a 37° C, transcurrido el tiempo de incubación se midieron los halos de inhibición generados (Rodrigues, Filgueiras et al., 2020).
La sensibilidad se clasificó de la siguiente manera: no sensible para diámetros menores a 8 mm, sensible para diámetros de 9 a 14 mm, muy sensible para diámetros de 15 a 19 mm y extremadamente sensible para diámetros mayores a 20 mm (Imane et al., 2020).
Análisis estadístico
Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias estadísticas significativas entre las bacterias. Las diferencias entre las medias fueron comparadas con la prueba de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el programa Minitab 18.

Resultados y discusión
De acuerdo con el análisis estadístico se determinaron diferencias significativas entre las bacterias evaluadas (p=0.0001), *S. aureus* fue la bacteria más sensible a la formulación multi-herbal al generar un halo de inhibición de 19.57 mm, medida superior a la determinada para *E. coli* (10.25 mm) (Cuadro 1). Con respecto a la clasificación propuesta por Imane *et al*. (2020) *S. aureus* fue muy sensible al tratamiento, mientras que *E. coli* fue clasificada como sensible a la formulación multi-herbal.

Cuadro 1. Actividad inhibitoria de una formulación multi-herbal sobre bacterias asociados a mastitis bovina

Tratamiento evaluado	*S. aureus*	*E. coli*
Formulación multi-herbal (50.76 mg/mL)	19.57 ± 0.78[a]	10.25 ± 0.50[b]
Kanamicina (30 µg/mL)	14.50 ± 1.00	10.75 ± 0.50
Agua destilada	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Valor de *P*	0.0001	0.0001

[a,b] diferentes literales en minúsculas indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias.

Estudios previos reportan la actividad sinérgica de la mezcla de diferentes extractos, tal es el caso del estudio realizado por Neagu *et al*. (2024), quienes determinaron halos con medidas de hasta 40.0 mm sobre *S. aureus* al combinar aceites esenciales en diferentes proporciones, en un estudio similar se demostró que combinaciones duales de extractos vegetales presentaron efectos tanto inhibitorios como bactericidas frente a bacterias Gram positivas como Gram negativas (Mráz *et al*.,2025). De acuerdo con los autores las combinaciones presentan mayores efectos inhibidores, basándose en interacciones sinérgicas o aditivas.
Actualmente el interés por la fitoterapia ha resaltado en potencial terapéutico de formulaciones multi-herbales, puesto que al combinar diversos compuestos bioactivos se obtienen mejores efectos terapéuticos, permitiendo el desarrollo de estrategias terapéuticas más completas, representando una alternativa altamente viable para enfermedades complejas y multifactoriales como la mastitis bovina, donde tratamientos convencionales suelen ser limitados debido al aumento en la resistencia a fármacos antibacterianos (Kurćubić *et al*. 2024).

Conclusiones
Se determinó que la formulación multi-herbal presentó actividad antibacteriana *in vitro* frente a S. *aureus* y *E. coli* asociados a mastitis bovina, representando una alternativa viable para el control y tratamiento de la enfermedad, sin embargo, se requiere de evaluaciones adicionales que permitan garantizar su uso en modelos *in vivo.*

Agradecimientos
A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

Fuente financiadora
Este proyecto fue financiado con recursos propios.

Referencias bibliográficas

1. CLSI, 2012. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard-Ninth Edition (pp. 88). USA: Clinical and Laboratory Standards Institute. 2012.
2. Rodrigues, G. M., C. T. Filgueiras, V. Garcia, R. A. Carvalho, J. I. Velasco and F. M. Fakhouri (2020). "Antimicrobial Activity and GC-MS Profile of Copaiba Oil for Incorporation into Xanthosoma mafaffa Schott Starch-Based Films." Polymers (Basel) 12(12).
3. Imane, N. I., H. Fouzia, L. F. Azzahra, E. Ahmed, G. Ismail, D. Idrissa, K.-H. Mohamed, F. Sirine, O. L'Houcine and B. Noureddine (2020). "Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria." European Journal of Integrative Medicine 35: 101074.
4. Kurćubić, V. S., V. Đurović, S. B. Stajić, M. Dmitrić, S. Živković, L. V. Kurćubić, P. Z. Mašković, J. Mašković, M. Mitić, V. Živković and V. Jakovljević (2024). "Multitarget Phytocomplex: Focus on Antibacterial Profiles of Grape Pomace and Sambucus ebulus L. Lyophilisates Against Extensively Drug-Resistant (XDR) Bacteria and In Vitro Antioxidative Power." Antibiotics (Basel) 13(10).
5. Vaou, N., E. Stavropoulou, C. C. Voidarou, Z. Tsakris, G. Rozos, C. Tsigalou and E. Bezirtzoglou (2022). "Interactions between Medical Plant-Derived Bioactive Compounds: Focus on Antimicrobial Combination Effects." Antibiotics (Basel) 11(8).

POTENCIAL EFECTO ANTIBACTERIANO DE UNA FORMULACIÓN MULTI-HERBAL SOBRE *Staphylococcus aureus* MULTIRRESISTENTE A ANTIBACTERIANOS.

Nadia Karen Gómez-Hernández[1], Ana Lizet Morales-Ubaldo[1], Adrian Zaragoza-Bastida[1], Carolina G. Sosa Gutiérrez[1], Nallely Rivero-Perez[1]

[1]Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

*Autor para correspondencia: nallely_rivero@uaeh.edu.mx

Palabras clave: extractos hidroalcohólicos, tratamientos alternativos, multirresistencia..

Introducción

La resistencia a antimicrobianos (RAM) se ha convertido en una de las principales amenazas para los tratamientos de enfermedades infecciosas, a causa de agentes como *Staphylococcus aureus,* bacteria que ha demostrado una notable capacidad para adquirir resistencia a múltiples antibióticos, lo que puede derivar en infecciones sistémicas graves y de difícil manejo, razón por la cual la organización mundial de la salud (OMS) la ha clasificado dentro de su lista como un patógeno de prioridad crítica, para la cual es necesaria la búsqueda y desarrollo de alternativas de tratamiento (OMS,2024; Kumar *et al*., 2025).

En este sentido el uso de alternativas de origen natural, destacando de entre ellos el uso de extractos vegetales, y sus posibles combinaciones en formulaciones multi-herbales, debido a las ventajas que su uso representa, ya que se ha demostrado que debido al efecto sinérgico de los compuestos bioactivos que las constituyen son capaces de mejorar el efecto antibacteriano y su espectro de acción (Sharafi *et al*., 2023). Recientemente se han realizado estudios sobre las propiedades biológicas de especies botánicas como *Calendula officinalis*, *Heterotheca inuloides* y *Achillea millefolium* y *Capsella bursa-pastoris,* las cuales se han utilizado tradicionalmente por sus propiedades antiinflamatorias, cicatrizantes y antioxidantes, sin embargo pocos son los estudios que reportan su actividad antibacteriana y su uso en combinación (Soleimanpour *et al*., 2015; Kharat *et al*., 2021; Balciunaitiene *et al*., 2022). Debido a lo antes mencionado el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antibacteriana de una formulación multi- herbal sobre *Staphylococcus aureus* multirresistente a antibacterianos.

Materiales y métodos

Obtención de los extractos

Los extractos hidroalcohólicos de *Calendula officinalis*, *Heterotheca inuloides*, *Capsella bursa-pastoris* y *Achillea millefolium*, se obtuvieron a través de la técnica de maceración descrita por Rivero-Perez *et al*. (2019). 20 gramos de cada planta fue colocada en una solución hidroalcohólica de agua: metanol (70:30 v/v), las mezclas fueron maceradas durante 48 horas a temperatura ambiente y en ausencia de luz. Posteriormente, se filtraron utilizando papel Whatman (Whatman ® 42), el solvente se eliminó utilizando un evaporador rotatorio para obtener un extracto semisólido (Büchi R-300, Flawil, Suiza), y el extracto obtenido se almacenó a 4 °C hasta su posterior evaluación antibacteriana

Formulación multi-herbal:

Cada uno de los componentes de la fórmula (*Calendula officinalis*, *Heterotheca inuloides*, *Capsella bursa-pastoris* y *Achillea millefolium*) se incluyeron a una concentración de 400 mg/mL que se solubilizaron en una solución de Dimetilsulfóxido al 15% (SIGMA P1754, St. Louis, MO, EE. UU.).

Material biológico:

Las evaluaciones antibacterianas se realizaron contra bacterias Gram positivas, haciendo uso de la cepa de referencia (ATCC) de *Staphylococcus aureus* ^{6538}, así como tres aislamientos clínicos multirresistentes de *S. aureus*, provenientes del Laboratorio de Bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Preparación del inóculo:

Una colonia pura de cada una de las cepas se inoculó en caldo nutritivo (BD Bioxon), los inóculos se incubaron en agitación constante (70rpm) por 24 horas a 37º C, transcurrido el tiempo de incubación, se ajustó a una turbidez al 0.5 de la escala de turbidez de McFarland (Remel, R20421 , Lenexa, KS, EE. UU) de acuerdo con lo establecido por el CLSI (2012).

Determinación de la actividad antibacteriana

La evaluación de la actividad antibacteriana de la formulación multi-herbal se llevó a cabo a través de la técnica de difusión en disco. Como control negativo se utilizó agua destilada estéril y kanamicina a 64µg/mL como control positivo. Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento.

Se inocularon 100 µL de la suspensión bacteriana de cada bacteria, previamente ajustada en agar Mueller-Hinton (BD Bioxon, México). Cada placa se dejó secar durante 15 minutos para posteriormente colocar una alícuota de 5 µL de cada uno de los tratamientos a evaluar. Posteriormente las placas fueron incubadas a 37 °C durante 24 horas, después de la incubación se midieron los halos de inhibición generados (Rodrigues *et al*., 2020).

La sensibilidad de las bacterias se clasificó de la siguiente manera: no sensible para diámetros menores a 8 mm, sensible para diámetros de 9 a 14 mm, muy sensible para diámetros de 15 a 19 mm y extremadamente sensible para diámetros mayores a 20 mm (Imane *et al*., 2020).

Resultados y discusión

La formulación multi-herbal evaluada generó halos de inhibición de 13.50 mm para *S. aureus*^{6538} y de 11.75 mm para las cepas identificadas como *S. aureus*^{01} y *S. aureus*^{03}, mientras que frente a S. aureus^{02} la formulación evaluada generó un halo de inhibición de 11.50 mm, sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias estadísticas significativas (p=0.071) entre las bacterias evaluadas (cuadro 1). Con respecto a lo propuesta por Imane *et al*. (2020), las cuatro cepas de *S. aureus* fueron clasificadas como sensibles a la formulación multi-herbal.

Cuadro 1. Actividad inhibitoria de la formulación multi-herbal sobre S. aureus multirresistente a antibacterianos

Tratamiento	*S. aureus* ^{6538}	*S. aureus*^{01}	*S. aureus*^{02}	*S. aureus*^{03}
ADE	0.00±0	0.00±0	0.00±0	0.00±0
FMH	13.50±1.73	11.75±0.95	11.50±0.57	11.75±0.50
Kanamicina	11.25±2.50	9.50±1.29	10.25±1.25	8.00±1.82
Valor de *P*	0.071			

ADE, Agua destilada estéril, FMH, formulación multi-herbal; $^{a, b, c}$ diferentes literales en minúscula indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Existen pocos reportes acerca de la actividad antibacteriana de las especies evaluadas en el presente estudio, sin embargo, Szakiel *et al*. (2008) reportaron que *C. officinalis* y sus compuestos bioactivos presentaron una importante actividad antibacteriana sobre bacterias Gram positivas, incluido *S. aureus*, por su parte do Rosário-Palma et al. (2023) determinaron que el extracto de *C. officinalis* presento un efecto inhibitorio sobre bacterias Gram positivas y Gram negativas multirresistentes a antibacterianos.

Con respecto a *Heteroteca inulloides* el estudio realizado por García-Pérez *et al*. (2016) reportó que el extracto obtenido a través de la técnica de fluidos super críticos, presentó efectos bactericidas sobre *E. coli*, *P. aeruginosa* y *S. aureus*, con respecto a la cepa Gram positiva, los autores determinaron halos de inhibición de entre 7.0 mm y 10 mm, halos menores a los determinados para la formulación multi-herbal evaluada en este estudio, de manera similar El-Kalamouni *et al*. (2017) reportaron que *Achillea millefolium* inhibió el crecimiento de *S. aureus* generando zonas de inhibición de entre 9.10 mm y 12.83 mm, medidas similares a las determinadas en el presente estudio.

Como se mencionó anteriormente existen pocos reportes acerca de la combinación de extractos vegetales, sin embargo, en un estudio realizado en 2017, se evaluó la actividad antibacteriana de la combinación de los extractos etanólicos de *Capsella bursa-pastoris, Tribulus terrestris* y *Glycyrrhiza glabra* sobre seis diferentes bacterias, respecto a *S. aureus*, los autores determinaron halos de inhibición de 31.8 mm, medida superior a la determinada en el presente estudio (Soleimanpour et al., 2015).

Conclusión

Se determinó que la formulación multi-herbal a base de los extractos hidroalcohólicos de *Calendula officinalis, Heterotheca inuloides, Achillea millefolium* y *Capsella bursa-pastoris* presentó actividad antibacteriana sobre *Staphylococcus aureus* multirresistente a antibacterianos, por lo que podría representar una alternativa viable en la medicina veterinaria para el tratamiento infecciones causadas por bacterias multirresistentes a antibacterianos.

Agradecimientos
A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

Fuente financiadora
Este proyecto fue financiado con recursos propios.

Referencias bibliográficas

1. CLSI, 2012. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard-Ninth Edition (pp. 88). USA: Clinical and Laboratory Standards Institute. 2012.
2. Imane, N. I., H. Fouzia, L. F. Azzahra, E. Ahmed, G. Ismail, D. Idrissa, K.-H. Mohamed, F. Sirine, O. L'Houcine and B. Noureddine (2020). "Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria." European Journal of Integrative Medicine **35**: 101074.
3. Kumar, S., Mahato, R. P, Ch, S., & Kumbham, S. (2025). Current strategies against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* and advances toward future therapy. The Microbe, 6, 100281.
4. Rivero-Perez, N., Hernández-Alvarado, J. L., Valladares-Carranza, B., Delgadillo-Ruiz, L., Ojeda-Ramírez, D., Sosa-Gutiérrez, C. G., Morales-Ubaldo, A. L., Vega-Sanchez, V., Zaragoza-Bastida, A. (2019). *Salix babylonica* L. as a Natural Anticoccidial Alternative in Growing Rabbits. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, *2019*, 2107231. https://doi.org/10.1155/2019/2107231.
5. Rodrigues, G. M., C. T. Filgueiras, V. Garcia, R. A. Carvalho, J. I. Velasco and F. M. Fakhouri (2020). "Antimicrobial Activity and GC-MS Profile of Copaiba Oil for Incorporation into *Xanthosoma mafaffa* Schott Starch-Based Films." Polymers (Basel) **12**(12).

EVALUACIÓN DE PATÓGENOS EN COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS EN QUINTANA ROO.

Daniel Dzul-Uuh[1]*, Azucena Vargas-Valero[2], Jorge Ariel Vivas-Rodríguez[3], Jesús Concepción Canul-Dzib[4]

[1]Campo Experimental Chetumal, INIFAP, [2]Campo Experimental Edzná, INIFAP, [3]Campo Experimental Mocochá, INIFAP, [4]Tecnológico Nacional de México de la Zona Maya.

*Autor para correspondencia: dzul.daniel@inifap.gob.mx

Palabras clave: enfermedades, manejo, nutrición.

Introducción

Las abejas son uno de los insectos polinizadores más importantes en el mundo. No obstante, en las últimas décadas se han registrado numerosos informes sobre su muerte y desaparición en varios países atribuido a diferentes factores como; cambio climático, plagas y enfermedades, parásitos, patógenos, manejo, entre otros. En México, además de los factores ya mencionados, también se han registrado efectos negativos causados por ectoparásitos y microorganismos patógenos.

El ácaro *Varroa destructor* es uno de los ectoparásitos que afectan negativamente a las abejas, no solo por el estrés que ocasionan por sus altos niveles de infestación, sino también por el debilitamiento que causan al consumir la grasa y la hemolinfa de estos insectos (Ramsey et al., 2019), además de la transmisión de enfermedades a través de microorganismos patógenos (virus) al realizar esta acción. Este parásito prevalece en México (Correa et al., 2023) así como en otros países del mundo. Ramsey et al. (2019) indican que *V. destructor* reduce los niveles de nutrientes en el organismo y suprime la función inmune individual de las abejas, lo que afecta la salud de las colonias.

Por otro lado, el microorganismo *Vairimorpha* sp. es uno de los patógenos que también han diezmado numerosas colonias de abejas en varias regiones del mundo, ya que ante altos porcentajes de infección se incrementa la demanda de energía (ATP), se dificulta la absorción de nutrientes de los alimentos en el intestino, provoca enfermedades y la muerte de las abejas (Paris et al., 2018).

Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la presencia de los patógenos *Varroa destructor* y *Vairimorpha* sp. en colonias de abejas melíferas en el Centro-Sur de Quintana Roo.

Materiales y métodos

Se colectaron muestras de abejas en apiarios establecidos en el Centro-Sur del estado de Quintana Roo. Se visitaron 15 apiarios en cada año de muestreo, se muestrearon el 20% del total de colmenas instaladas en cada apiario y se analizaron 61 muestras por cada año. Para estimar el nivel de infestación por el ácaro *V. destructor* se colectaron muestras de abejas obreras adultas (± 200 abejas) en los panales de las cámaras de cría. Las muestras se colectaron con la ayuda de recipientes de plástico con alcohol al 70%. Cada muestra se identificó con datos del productor y su ubicación geográfica, para su registro, para su envío al laboratorio y su análisis posterior.

En el laboratorio, se eliminó el contenido de alcohol y se procedió con el lavado con detergente. Al finalizar, se cuantificó el número de abejas y el número de ácaros por cada recipiente para estimar el porcentaje de infestación por colmena. Las colmenas que presentaron 5 ácaros por cada 100 abejas fueron consideradas infestadas. Esta actividad se llevó a cabo en los años 2023 y 2024.

Para estimar la infección de *Vairimorpha* sp. se ocuparon las mismas abejas que fueron colectadas para estimar la infestación por *V. destructor* en el año 2024. Se ocuparon 10 abejas obreras adultas por cada muestra de acuerdo con la técnica de Human et al. (2013). El abdomen de las abejas fue separado del tórax con la ayuda de un bisturí y una pinza entomológica, el intestino fue extraído y depositado en 1 ml de agua destilada contenida en tubo cónico de 1.5 ml de capacidad. Fue macerado, agitado y centrifugado, se eliminó el sobrenadante y se le adicionó nuevamente 1ml de agua destilada. Esta última actividad se repitió en tres ocasiones, excepto el macerado. De la solución resultante se extrajo 10 µl y se depositó en una cámara de Newbauer para proceder al conteo del microsporidio mediante un microscopio óptico (400X).

Debido que los datos no cumplieron con los supuestos estadísticos de normalidad, fueron analizados mediante la prueba estadística *t-student*, con corrección de Wilcoxon, para identificar diferencias en las muestras obtenidas entre los años mencionados.

Resultados y discusión

Se encontró diferencia estadística en el porcentaje de infestación por el ácaro *V. destructor* en las colmenas de abejas bajo estudio (W=2566, *p*=0.0003). Aunque la mayoría se encuentra por debajo del 5% de infestación (Figura 2) la prevalencia existe de un año a otro. Las colmenas evaluadas en el año 2023 registraron una prevalencia del 96.7%, mientras que las del año 2024 solo registraron un 77%, lo que confirma la presencia de *V. destructor* en colonias establecidas en el Centro-Sur de Quintana Roo.

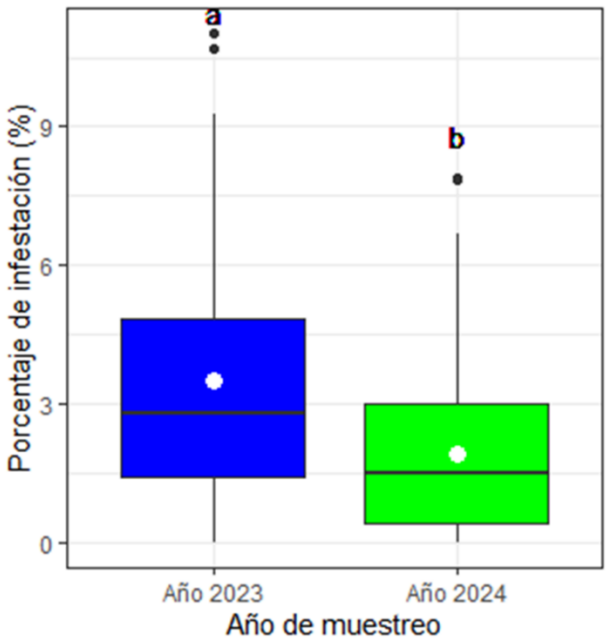


Figura 2. Porcentaje de infestación por el ácaro *V. destructor* en colmenas de abeja establecidas en Centro-Sur de Quintana Roo. Las letras diferentes en las cajas indican diferencia estadística (*t-student*, $p > 0.05$).

Resultados similares fueron reportados por Correa et al. (2023), quienes registraron un 79.9% de prevalencia de *V. destructor* en colonias de abejas en la Península de Yucatán, así como también en los niveles de infestación (2.9-4.5%). Estos resultados pueden atribuirse a las diferentes estrategias de manejo y tratamiento que los apicultores realizan y al comportamiento higiénico que presentan las colonias debido a los grados de africanización que persisten en la región. Asimismo, el despoblamiento de las colonias de abejas puede disminuir si se mejora la nutrición, ya que de esta forma el sistema inmune mejora y tiende a ser más resistente ante microorganismos patógenos, agroquímicos, parásitos, etc. (Alaux et al., 2010).

Se observó que la prevalencia de *Vairimorpha* sp. en las colmenas es del 80%, y la infestación de estas van del 1.5 al 507.34 X 10^3 esporas por abeja. Estos resultados indican que la mayoría de las colmenas establecidas en los apiarios de Quintana Roo presentan algún nivel de infección de este patógeno. De acuerdo con la tabla de Jaycox, los niveles de infección observados en el presente trabajo son considerados de leve a muy leve. Sin embargo, estos niveles podrían estar afectando negativamente la salud de las abejas y, por tanto, la producción de miel por colmena. Resultados registrados en el sur-sureste de Jalisco, México, son mayores en cuanto a niveles de infestación por abeja (2,285 X 10^3), además se observó una prevalencia del 100% en las colmenas evaluadas. En tanto que en la Península de Yucatán Correa et al. (2023) reportan una prevalencia del 64.6%, inferior a lo registrado en el presente trabajo.

Cabe indicar que este tipo de estudios no son realizados de manera constante en el estado, debido a la necesidad de equipos de laboratorio (microscopio), personal especializado y los costos, lo cual podría indicar el poco control o prevención que se llevan a cabo para disminuir los impactos negativos de este patógeno.

Estudios recientes sugieren que la interacción de múltiples factores incrementa los niveles de infección por el microsporidio *Vairimorpha* sp. en abejas melíferas (ácaro varroa, pesticidas, etc.), sin embargo, estos niveles pueden disminuir mediante la aportación de alimentos ricos en proteína, que contengan los nutrientes indispensables para el desarrollo de las abejas, ya que estos nutrientes incrementan su concentración en el organismo, incrementando de manera significativa células del sistema inmune que pueden prevenir la infección (Alaux et al., 2010).

Conclusiones

La prevalencia del ácaro *Varroa destructor* y del microsporidio *Vairimorpha* sp. en las colonias de abejas melíferas se mantienen, aunque para *V. destructor* la mayoría se encuentra por debajo de los niveles críticos de infestación. Esto resulta benéfico para los apicultores, ya que significa disminución de los costos de mantenimiento y menor estrés en las colonias, lo que puede atribuirse al manejo que realizan los mismos apicultores. En tanto que para *Vairimorpha* sp. presenta niveles de infección de leves a muy leves, lo que podría estar afectando tanto la salud de las abejas como la producción de miel. En este sentido es necesario implementar acciones para detectar de manera temprana no solo el ácaro *V. destructor* en las colonias de abeja, sino también la presencia del microsporidio *Vairimorpha* sp.

Agradecimientos

A los apicultores del estado de Quintana Roo y, en especial, al Biólogo Darwin de Jesús Pech Pool, quienes contribuyeron a la recolecta de muestras en los apiarios. Al Br Miguel Ángel Palomino Santiago por su apoyo en los trabajos de laboratorio.

Fuente financiadora

Fiscal – INIFAP. Número de proyecto SIGI: 1311935695

Referencias bibliográficas

1. Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., & Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biol. Lett.*, *6*(4), 562–565. https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0986
2. Correa, B. A., Anguiano, B. R., Heneidi, Z. A., Dávalos, F. J. L., Peña, H. N. T., Pérez, M. E. E., Carbajal, R. M., Vasquez, V. I., Almazán, M. N., Petukhova, T., & Guzman, N. E. (2023). Prevalence of adult honey bee (*Apis mellifera* L.) pests and pathogens in the five beekeeping Regions of Mexico. *Animals*, *13*(11), 1734. https://doi.org/10.3390/ani13111734
3. Human, H., Brodschneider, R., Dietemann, V., Dively, G., Ellis, J. D., Forsgren, E., Fries, I., Hatjina, F., Hu, F. L., Jaffé, R., Jensen, A. B., Köhler, A., Magyar, J. P., Özkýrým, A., Pirk, C. W. W., Rose, R., Strauss, U., Tanner, G., Tarpy, D. R., … Zheng, H. Q. (2013). Miscellaneous standard methods for *Apis mellifera* research. *J. Apic. Res.*, *52*(4). https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.10
4. Paris, L., El Alaoui, H., Delbac, F., & Diogon, M. (2018). Effects of the gut parasite *Nosema ceranae* on honey bee physiology and behavior. *Curr. Opin. Insect Sci.*, *26*, 149–154. https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.017
5. Ramsey, S. D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbronson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J. M., Ellis, J. D., Hawthorne, D., & Van Engelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, *116*(5), 1792–1801. https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116

COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA RABIA PARALÍTICA BOVINA EN EL ESTADO DE HIDALGO: 2015-2024.

Yesica Anayanci Morales-Ubaldo[1], Nallely Rivero-Perez[1], Noé Ríos-Argüelles[2], Eduardo Saldaña-Romero[3], Marivel Hernández-Téllez[4], José Ignacio Olave-Leyva[1], Adrian Zaragoza-Bastida[1]*

[1]Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [2]Representación Estatal Fitozoosanitaria y de Inocuidad Agropecuaria y Acuícola en Hidalgo. [3]Comité de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Hidalgo, [4]Centro Interamericano de Recursos del Agua, Universidad Autónoma del Estado de México.

*Autor para correspondencia: adrian_zaragoza@uaeh.edu.mx

Palabras clave: Derriengue, prevalencia, distribución

Introducción

La rabia paralítica bovina (RPB) es una zoonosis viral que afecta el sistema nervioso de los animales de producción, los bovinos son la especie más afectada y en menor proporción ovinos y caprinos. Aunado al riesgo que representa para la salud animal, la enfermedad también representa un problema constante para el sector agropecuario debido a las grandes pérdidas económicas que ocasiona anualmente. En América Latina el principal reservorio del virus es el murciélago hematófago, de las tres especies presentes únicamente *Desmodus rotundus* tiene importancia epidemiológica, la especie se encuentra distribuida desde el norte de México hasta el norte de Argentina en regiones con climas tropicales y subtropicales (Brown y Escobar, 2023).

En México *D. rotundus* se distribuye en zonas ganaderas con temperaturas por encima de los 10° C y por debajo de los 2300 msnm, sin embargo, debido a los cambios climáticos y a la intensificación ganadera la especie se ha expandido a zonas donde antes no se tenían registros de su presencia (Zarza *et al*., 2017). El estado de Hidalgo es una de las 26 entidades que son consideradas endémicas de la enfermedad en México, de acuerdo con datos oficiales es uno de los estados con mayor registro de casos de RPB anualmente, principalmente en zonas con condiciones óptimas para la supervivencia del reservorio (SENASICA, 2020). Debido a todo lo anterior el objetivo de la presente investigación fue determinar el comportamiento espacial de la rabia paralítica bovina en el estado de Hidalgo durante el periodo 2015 a 2024.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estado de Hidalgo se ubica en la zona central de la República Mexicana a los 19°36’ y 21°24’ de latitud norte y a los 97°58’ y 99°54’ de longitud Oeste, con una superficie de aproximadamente 20,900 km^2. La entidad federativa se divide en 84 municipios mismos que serán incluidos en el presente estudio.

Obtención de datos

Se recopiló información sobre los casos positivos de RPB en el estado de Hidalgo durante el periodo 2015 a 2024 a través del Comité Estatal de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Hidalgo. La población bovina y las coordenadas geográficas (proyección latitud/longitud) por municipio se obtuvieron del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Con la información obtenida se realizó un estudio epidemiológico transversal tomando en cuenta las variables de tiempo y espacio. La información fue procesada en el programa Microsoft Excel.

Análisis espacial

Se calculó la tasa de prevalencia de RPB por cada 10,000 cabezas de ganado durante el periodo de estudio a nivel municipal, una vez estimada la tasa se construyó un mapa de coloración graduada con un método de clasificación de cuantiles en el programa ArcMap (Yescas-Benítez *et al*., 2019).

Para identificar clústers de RPB se utilizó el programa estadístico SaTScan en el que se realizó un estudio retrospectivo espacial-temporal basado en el modelo de probabilidad de Poisson. El tamaño de la ventana de escaneo se definió en 15% y un mínimo de 2 casos en cada clúster. Se realizaron 999 réplicas de Monte

Carlo para determinar la significancia estadística, aquellos clústers con un valor de p<0.05 se consideraron significativos (Zaragoza-Bastida *et al*., 2016).

Resultados y discusión

Durante el periodo de estudio se registraron 211 casos de RPB en el estado de Hidalgo, con un promedio de 21 casos anuales, siendo 2019 con 26 casos de la enfermedad el año con el mayor número de registros. Los estados con la mayor frecuencia fueron Molango de Escamilla con 18 casos (8.53%), Tianguistengo con 17 (8.05%) y Lolotla con 16 (7.58%). Sin embargo, al calcular la tasa de prevalencia se observó que el municipio más afectado por la enfermedad fue Nicolás Flores con 36.49 casos por cada 10,000 cabezas de ganado, seguido de Molango de Escamilla y Xochicoatlán con 31.8 y 25.07 respectivamente (Figura 1).

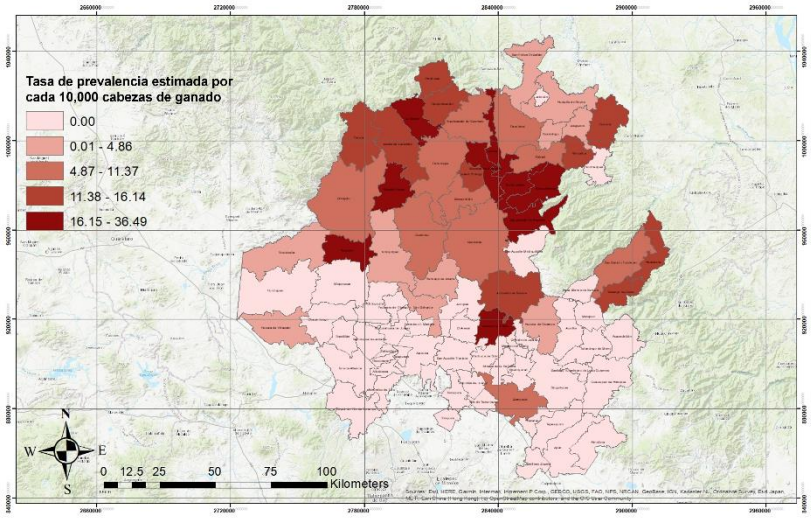


Figura 1. Prevalencia de RPB en el estado de Hidalgo durante el periodo 2015-2024

Respecto al análisis espacial se identificaron 2 conglomerados significativos (Figura 2). El primero se conformó por los municipios de Molango de Escamilla, Xochicoatlán, Lolotla, Eloxochitlán, Juárez Hidalgo y Tianguistengo, durante el periodo 2017 a 2021 se observaron 43 casos de RPB frente a los 16 que se esperaban, el riesgo relativo (RR) fue de 3. El segundo clúster agrupo a municipios pertenecientes a la Sierra Gorda (Pacula, Jacala de Ledezma, La Misión, Pisaflores y Nicolás Flores) con un total de 19 casos y un RR de 5.

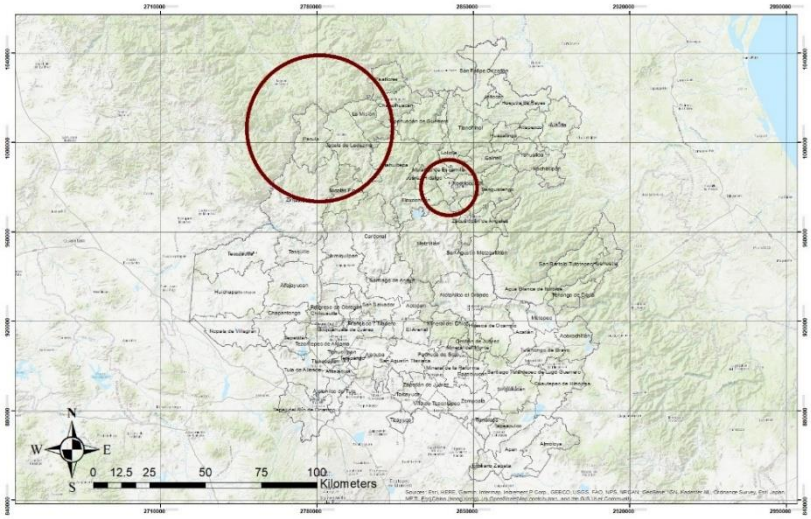


Figura 2. Identificación de clústers de RPB en el estado de Hidalgo durante el periodo 2015-2024.

A la fecha no existen estudios sobre la distribución espacial de la enfermedad en el estado de Hidalgo, sin embargo, estudios realizados con el método krigeaje en la zona central de México (Guanajuato, Querétaro

y San Luis Potosí) indicaron que las zonas que tienen el mayor riesgo de que se presenten casos de enfermedad fueron la Huasteca Potosina y la Sierra Gorda de Querétaro (Bárcenas-Reyes *et al*., 2015), esta última con condiciones similares a las de la Sierra Gorda de Hidalgo (zona con el mayor RR) caracterizada por la presencia de ganado, relieves montañosos, climas templados y formaciones rocosas. De acuerdo con Ortega-Sánchez *et al*. (2024) la densidad ganadera, además de factores topográficos como minas y túneles están relacionados con un aumento en el riesgo de presentación de casos en distintas áreas de México incluido el estado de Hidalgo.

Conclusiones

Se determinó que la RPB en el estado de Hidalgo se distribuye principalmente en los municipios de Nicolás Flores, Molango de Escamilla y Xochicoatlán con tasas de prevalencia superiores a los 25 casos por cada 10,000 cabezas de ganado, además se observaron agrupaciones de enfermedad en el norte, siendo el clúster ubicado de la Sierra Gorda el que tiene 5 veces más riesgo de que se presenten casos de RPB. Esta información revela la necesidad de reforzar las medidas de prevención y control en zonas de alto riesgo.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente proyecto de investigación y al Comité Estatal de Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Hidalgo por la información proporcionada para la realización de la presente investigación.

Fuente financiadora

Proyecto financiado con recursos propios

Referencias bibliográficas

1. Bárcenas-Reyes, I., Loza-Rubio, E., Zendejas-Martínez, H., Luna-Soria, H., Cantó-Alarcón, G. J., & Milián-Suazo, F. (2015). Comportamiento epidemiológico de la rabia paralítica bovina en la región central de México, 2001-2013. *Revista panamericana de salud pública*, *38*, 396-402.
2. Ortega-Sánchez, R., Bárcenas-Reyes, I., Luna-Cozar, J., Rojas-Anaya, E., Cuador-Gil, J. Q., Cantó-Alarcón, G. J., ... & Milián-Suazo, F. (2024). Spatial-temporal risk factors in the occurrence of rabies in Mexico. *Geospatial Health*, *19*(1).
3. Yescas-Benítez, J. E., Rivero-Perez, N., Montiel-Díaz, H. E., Valladares-Carranza, B., Peláez-Acero, A., Morales-Ubaldo, A. L., & Zaragoza-Bastida, A. (2023). Comportamiento epidemiológico de la leptospirosis en México durante el periodo 2013-2019. *Revista de Salud Pública*, *22*, 421-427.
4. Zarza, H., Martínez-Meyer, E., Suzán, G., & Ceballos, G. (2017). Geographic distribution of Desmodus rotundus in Mexico under current and future climate change scenarios: Implications for bovine paralytic rabies infection. *Veterinaria México OA*, *4*(3), 10-25.
5. Zaragoza Bastida, A., Hernández Tellez, M., Bustamante Montes, L. P., Medina Torres, I., Jaramillo Paniagua, J. N., Mendoza Martínez, G. D., & Ramírez Durán, N. (2012). Spatial and temporal distribution of tuberculosis in the State of Mexico, Mexico. *The Scientific World Journal*, *2012*(1), 570278.

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE UN POLIPÉPTIDO DE RMS-17 CONTRA GARRAPATAS *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* MEDIANTE ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL CAPILAR.

Rodolfo Lagunes-Quintanilla[1*], Edgar Castro-Saines[1], Rubén Hernández-Ortiz[1], René Camas-Pereyra[1], Roberto Castañeda-Arriola[2], Jaime Rangel-Quintos[3]

[1]CENID-SAI / INIFAP, [2]C.E. Huimanguillo-S.E. Pichucalco, [3]Golfo Centro-La Posta

*Autor para correspondencia: lagunes.rodolfo@inifap.gob.mx

Palabras clave: garrapatas, vacunas, RmS-17.

Introducción

Las infestaciones por garrapatas *Rhipicephalus microplus* constituyen el problema más importante dentro del sector agropecuario de países tropicales y subtropicales. Los efectos relacionados a la infestación por garrapatas se asocian principalmente a la disminución de la producción y a la transmisión de enfermedades como Babesiosis y Anaplasmosis bovina. El método de control más utilizado a la fecha basado en el uso de ixodicidas ha resultado parcialmente exitoso debido al uso indiscriminado de estos productos, por lo cual se requieren alternativas de control como el inmunológico (Lagunes-Quintanilla y Bautista-Garfias, 2020). El uso de vacunas representa una alternativa promisoria que se puede implementar dentro de programas integrados de control. A la fecha, la única vacuna comercial que existe en Latinoamérica se basa en la proteína Bm86, la cual ha demostrado cierta eficacia, sin embargo, su principal desventaja es la presencia de polimorfismos en la secuencia codificante del gen que limitan la eficacia dependiendo la zona geográfica (García-García et al., 1999). Recientemente, se ha enfatizado en el estudio de diferentes antígenos potenciales que podrían ser de utilidad como vacunas; entre ellos, se encuentran las Serpinas, las cuales están involucradas en distintos procesos biológicos y fisiológicos de las garrapatas. En particular, la Serpina RmS-17 presenta características de interés que sugieren podría ser un buen candidato a vacuna (Tirloni et al., 2016). Por tal motivo, el presente estudio tiene por objeto evaluar el efecto inmunoprotector de un polipéptido derivado de la proteína RmS-17 contra garrapatas *R. microplus* mediante ensayos *in vitro* de alimentación artificial capilar.

Materiales y métodos

Se obtuvieron muestras de sangre de bovinos inmunizados con el polipéptido de RmS-17, Bm86 y con solución salina más adyuvante (testigo) durante 18 semanas para analizar la cinética de producción de anticuerpos mediante la técnica de ELISA indirecto y determinar en qué semana se tenían los mayores niveles de densidad óptica. Brevemente, las placas de ELISA se cubrieron con 1 µg de antígenos purificados en un volumen de 100 µl por pozo y se incubaron durante toda la noche a 4°C. Posteriormente, se realizaron lavados con PBS-Tween 0.05% y se bloqueó con leche descremada al 5% durante 1 hora. Como primer anticuerpo se utilizaron los sueros de los bovinos a una dilución de 1:100 y como segundo anticuerpo se utilizó un anticuerpo anti-IgG de bovino acoplado a la enzima fosfatasa alcalina a una dilución de 1:2000 durante 1 hora. La reacción de color se desarrolló mediante p-Nitrofenil-fosfato y la densidad óptica se determinó utilizando un espectrofotómetro lector de ELISA a una longitud de onda de 405 nm. Por último, se consideraron niveles de anticuerpos positivos cuando el valor de la absorbancia fue al menos dos veces mayor que el valor del suero preinmune.

Para llevar a cabo el ensayo de alimentación artificial capilar (AAC) se utilizaron larvas de garrapatas *R. microplus* cepa “Media Joya”, las cuales se alimentaron parcialmente sobre un bovino hasta el día ±20. Posteriormente, se conformaron grupos experimentales de 20 garrapatas. La alimentación se realizó fijando a las garrapatas en un soporte plano e insertando las piezas bucales en tubos capilares para hematocrito con citrato sódico y llenados con sangre de bovino adicionada con 1mg/ml de: Grupo 1 - IgG anti-pRmS-17, Grupo 2 - IgG anti-Bm86 y Grupo 3 - suero control. Los tubos se reemplazaron de acuerdo con el consumo de sangre aproximadamente cada 2-3 horas durante 28 horas, de acuerdo con la metodología descrita por Antunes et al. (2014). Después de la alimentación, las garrapatas fueron pesadas para determinar la ingesta de sangre. Se colocaron en cajas de petri y se mantuvieron en incubadoras a 27°C y 80% de humedad relativa para permitir la oviposición y eclosión a las 2 y 5 semanas respectivamente. Los parámetros a evaluar fueron el peso de las garrapatas, el peso de la oviposición y la tasa de eclosión.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de la técnica de ELISA indirecto demuestran que el pRmS-17 posee una capacidad inmunogénica importante y se refleja con los niveles de anticuerpos alcanzados después de la semana 6 y hasta la semana 12 que es cuando comienzan a decrecer (Figura 1). En el caso de los bovinos inmunizados con el Bm86, los niveles de anticuerpos aumentaron significativamente después de la semana 5 y se mantuvieron así hasta la semana 10, mostrando un comportamiento similar al grupo inmunizado con el pRmS-17. Con los resultados alcanzados en la cinética de anticuerpos durante 18 semanas, se tomó la decisión de utilizar los sueros colectados en la semana 7 y 8 para llevar a cabo el ensayo de AAC. En el cuadro 1, se muestran los resultados obtenidos donde se observa que el grupo alimentado con los anticuerpos anti-pRmS-17 mostraron una reducción de 14%, 30% y 47% en cuanto a peso de las garrapatas después de la alimentación, oviposición y eclosión, respectivamente. En contraste, las garrapatas alimentadas con anticuerpos anti-Bm86 mostraron 7%, 55% y 39% en cuanto a peso, oviposición y eclosión, respectivamente. Estos hallazgos demuestran que hubo un efecto en la reducción de los parámetros evaluados siendo estadísticamente significativos para eclosión en el grupo pRmS-17 y en oviposición para el grupo Bm86 utilizando la prueba de ANOVA *(p<0.05). Finalmente, los resultados alcanzados vislumbran que el pRmS-17 posee un alto potencial como antígeno vacunal estando a la par de otros antígenos en estudio. Así mismo, se ha reportado previamente que la inmunización con el pRmS-17 aislado de *R. microplus* confiere una respuesta protectora en otros modelos de investigación y afectan los parámetros reproductivos de las garrapatas (Lagunes-Quintanilla et al., 2022).

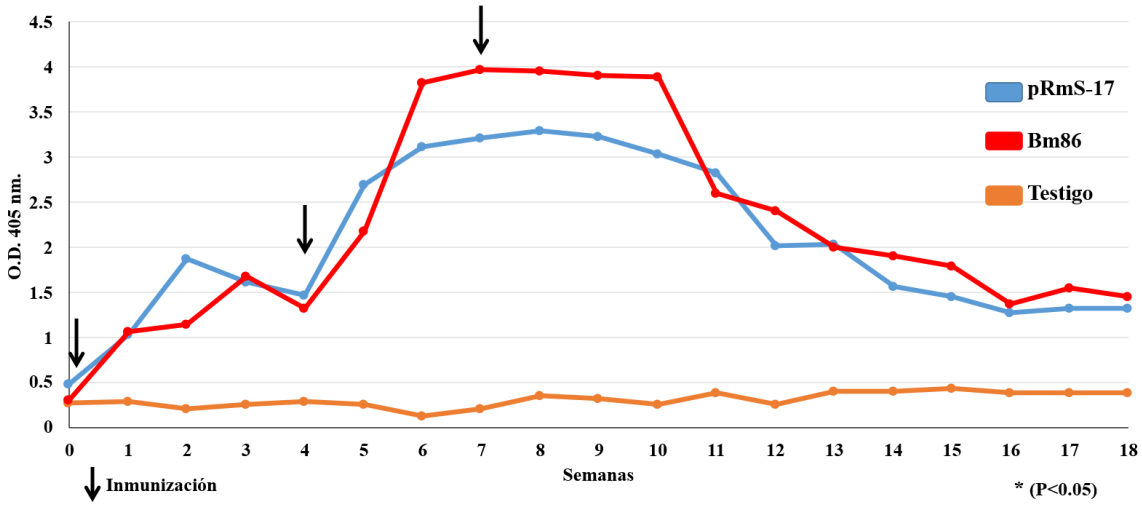


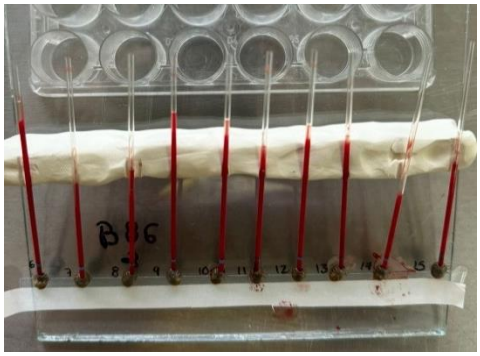
Figura 1. Cinética de anticuerpos inducidos por la aplicación del polipéptido de RmS-17 y Bm86 durante el periodo experimental. Las flechas muestran las inmunizaciones en las semanas 0, 4 y 7.

Conclusiones

Este trabajo experimental es complementario a estudios previos que nuestro grupo de investigación ha llevado a cabo con el polipéptido de RmS-17. En este estudio se evaluó la capacidad protectora mediante ensayos *in vitro* de alimentación artificial capilar donde concluimos que el pRmS-17 es inmunogénico y capaz de producir anticuerpos protectores contra garrapatas *R. microplus*. Esto sugiere que existe una respuesta inmune específica a la cual se le atribuye un efecto considerable en la tasa de eclosión de las garrapatas *R. microplus*.

Cuadro 1. Porcentajes de reducción en los parámetros reproductivos de garrapatas *R. microplus* mediante el ensayo de alimentación artificial capilar.

GRUPO	PESO	OVIPOSICIÓN	ECLOSIÓN
pRmS-17	**14 %** (116 ± 33)	**30 %** (0.019 ± 0.02)	**47 %*** (0.019 ± 0.01)
Bm86	**7 %** (126 ± 40)	**55 %*** (0.012 ± 0.01)	**39 %** (0.022 ± 0.04)
Testigo	(135 ± 38)	(0.027 ± 0.01)	(0.036 ± 0.03)



Porcentaje de reducción calculado con respecto al grupo testigo para los parámetros de peso de las garrapatas después de la alimentación, oviposición y tasa de eclosión. En paréntesis se muestra la media ± la desviación estándar. *ANOVA (p<0.05).

Reconocimiento y/o fuente financiadora
Proyecto financiado con fondos fiscales INIFAP, N° SIGI: 12273735667.

Referencias bibliográficas

1. Antunes S, Merino O, Mosqueda J, Moreno-Cid JA, Bell-Sakyi L, Fragkoudis R, Weisheit S, Pérez de la Lastra JM, Alberdi P, Domingos A, de la Fuente J. 2014. Tick capillary feeding for the study of proteins involved in tick-pathogen intercations as potential antigens for the control of tick infestation and pathogen infection. Parasites & Vectors, 7:42.
2. García-García J, González I, González D, Valdés M, Méndez L, et al. 1999. Sequence variations in the *Boophilus microplus* Bm86 locus and implications for immunoprotection in cattle vaccinated with this antigen. Experimental and Applied Acarology, 23: 883–895.
3. Lagunes-Quintanilla R, Bautista-Garfias C. 2020. El control inmunológico: Una alternativa contra garrapatas del ganado bovino. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 7, e2263.
4. Lagunes-Quintanilla R, Valdez-Espinoza UM, Hernández-Ortiz R, Castro-Saines E, Merino O, Mendoza-Martínez N. 2022. Experimental vaccination in rabbits using the peptide RmS-17 antigen reduces the performance of a Mexican *Rhipicephalus microplus* tick strain. Ticks and tick-borne diseases, 13, 102044.
5. Tirloni L, Kim TK, Coutinho ML, Ali A, Seixas A, Termignoni C, Mulenga A, da Silva Vaz I Jr. 2016. The putative role of *Rhipicephalus microplus* salivary serpins in the tick-host relationship. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 71, 12-28.

ANÁLISIS HISTOPATOLÓGICO EN UN MODELO EXPERIMENTAL MURINO PARA LA LINFADENITIS CASEOSA.

Roberto Montes-de-Oca-Jiménez[1,2*], Maria Carla Rodríguez Domínguez [1], Martha Elba Ruiz Riva Palacio[2], Gabriel Arteaga Troncoso [3,4], Dan Israel Zavala Vargas [1,5].

[1] Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad. Autónoma del Estado de México. [2] Plantel Sor Juana Inés de la Cruz. UAEM AMECAMECA. Universidad Autónoma del Estado de México.
[3] Departamento de Biología y Desarrollo Celular, Instituto Nacional de Perinatología, Lomas de Chapultepec.[4] Escuela Militar de Oficiales de Sanidad, Universidad del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos Ejército y Fuerza Aérea, SEDENA,
[5] Hospital General de Chimalhuacán, IMSS-Bienestar.

*Autores para correspondencia: romojimenez@yahoo.com; ralerodriguez4@gmail.com, meruizr@uaemex.mx drgarteagat@yahoo.com.mx, danisraelz@gmail.com.

Introducción

La Linfadenitis caseosa (LAC) es una enfermedad ocasionada por *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar *ovis,* bacteria Gram positiva, intracelular facultativa que conlleva a la formación de abscesos en nódulos linfáticos superficiales y/o viscerales afectando a pequeños rumiantes. La enfermedad provoca pérdidas económicas significativas en la producción de lana, carne y leche, así como causa daños en la reproducción. Las vacunas constituyen una herramienta para el control y erradicación de la LAC, y para su evaluación se requiere de modelos animales experimentales que sean económicos, de fácil manipulación y permitan reproducir la enfermedad. El modelo experimental murino ha sido de gran utilidad para el estudio de formulados vacunales y factores de virulencia de *C. pseudotuberculosis ovis*. El objetivo del presente trabajo fue realizar un análisis histopatológico en ratones BALB/c inoculados con *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*, para la identificación de lesiones características del desarrollo de la Linfadenitis caseosa en este modelo experimental.

Materiales y métodos

En el presente trabajo se utilizaron 20 ratones BALB/c, de 6-8 semanas de edad, los cuales se mantuvieron con dieta comercial y agua *ad libitum*, bajo régimen de luz y oscuridad de intervalos de 12 horas durante el período de ensayo que tuvo como punto final la muerte de todos los animales. El protocolo de investigación fue evaluado por el Comité de Bioética de la FMVZ-UAEM, y aprobado bajo el Código de asignación: 06-DIC-2021-1. Los animales fueron desafiados vía intraperitoneal con 200 µL de 10^4 UFC/mL de *Corynebacterium pseudotuberculosis* cepa ATCC 43926. Se evaluó la condición corporal, formación de abscesos subcutáneos, alopecia, fistulas o exudados en el sitio de inoculación. El análisis por histopatología incluyó muestras de pulmón, bazo, riñón, corazón, hígado, así como posibles lesiones (abscesos) del sitio de desafío. Las muestras se fijaron en formol tamponado al 10%, fueron incluidas en parafina, y seccionadas (5 µm), para realizar tinción con hematoxilina y eosina en portaobjetos. Las lesiones indicativas de cambios patológicos fueron edema, congestión, hemorragia, inflamación, degeneración, necrosis, hiperplasia. Se estableció una clasificación para indicar el grado de las lesiones: Sin cambios patológicos aparentes (SCPA), lesión leve (lev), lesión moderada (Mod), lesión severa (Sev).

Resultados y discusión

De un total de 20 animales incluidos en el estudio se reportó un 100% de letalidad, concluyéndose el experimento a los 30 días post desafío, con formación de lesiones características de la LAC como abscesos en el sitio de inoculación y en órganos (Figura 1). El análisis histopatológico de muestras de órganos de animales desafiados reveló a nivel celular lesiones características de la LAC (Cuadro 1).

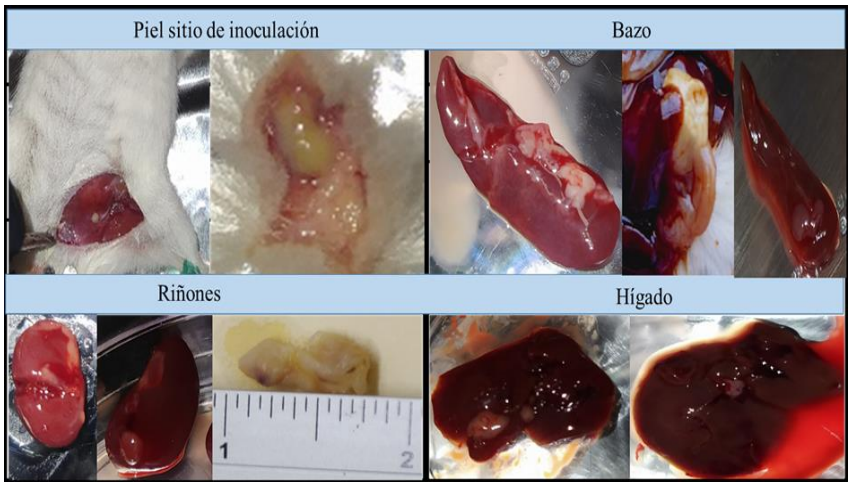


Figura 1. Formación de abscesos en órganos internos de ratones BALB/c infectados con *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*.

El modelo experimental murino ha sido de gran utilidad para el estudio de formulados vacunales y factores de virulencia de *C. pseudotuberculosis* (de Pinho *et al*., 2021, Bezerra *et al*., 2021. En nuestro trabajo el porcentaje de letalidad (100%) registrado luego del desafío demostró la capacidad virulenta de la cepa utilizada, *Corynebacterium pseudotuberculosis* ATCC 43926 (10^4 UFC/mL). Además, se documentó la formación de abscesos cutáneos en el sitio de inoculación y viscerales en bazo, hígado y riñones, siendo indicativo del desarrollo de la enfermedad en los animales desafiados.

Cuadro 1. Hallazgos histopatológicos en animales sometidos a infección experimental con *Corynebacterium pseudotuberculosis ovis*.

Órganos	15 días	21 días	30 días
Piel sitio desafío	Zona de necrosis en dermis que se extiende a tejido subcutáneo, panículo carnoso y adiposo. Dermatitis supurativa con formación de microgranulomas e infiltrado no supurativo disperso.	Absceso sitio de inoculación. Centro de necrosis focal, rodeado de tejido conectivo e infiltración de células redondas, donde prevalecen los monocitos, linfocitos y células plasmáticas. En la periferia congestión de moderada a severa y hemorragias. Formación de abscesos.	Zona de necrosis en dermis que se extiende a tejido subcutáneo, panículo carnoso y adiposo. Se acompaña de infiltrado inflamatorio no supurativo disperso y en pequeños focos.
Bazo	Hiperplasia linfoide moderada difusa periarterial. Congestión severa difusa.	Hiperplasia linfoide severa difusa.	Hiperplasia de tejido linfoide de moderada a severa difusa.
Pulmones	Neumonía intersticial no supurativa.	Congestión y hemorragia, edema alveolar, infiltración perivascular mixta, neumonía insterticial supurativa y mononuclear multizonal.	Congestión y Hemorragia alveolar moderada, neumonía intersticial mixta zonal.
Riñones	Congestión renal moderada difusa, Nefritis no supurativa intersticial focal.	Nefritis intersticial multifocal granulomatosa, zona de amiloidosis renal. Tubulonefrosis proximal. Área de necrosis y exudado purulento piogranulomatoso.	Abscesos múltiples. Infiltrado piogranulomatoso difuso, con necrosis licuofactiva y coagulativa focal. Riñón: Nefritis intersticial granulomatosa
Hígado	Necrosis hepática multifocal piogranulomatosa	Múltiples focos de infiltración piogranulomatosa	Focos escasos y pequeños de infiltrado mononuclear
Corazón	Miocarditis y valvulitis supurativa crónica. Se acompaña de necrosis y congestión moderada, pericarditis.	Necrosis zonal acompañado de exudado piogranulomatoso, presencia de abundantes trombos bacterianos.	Miocarditis mixta multifocal discreta

.

Conclusiones

El modelo experimental ratones BALB/c infectado con *Corynebacterium pseudotuberculosis* ovis ATCC 43926, bajo las condiciones evaluadas, permite simular la enfermedad LAC.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo se realizó con el apoyo financiero de la Universidad Autónoma del Estado de México. Bajo el proyecto "**Estudio del pangenoma de aislados mexicanos de *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar ovis"**, con clave **7208/2025CIC**

Referencias bibliográficas

1. Bezerra, F. S., Thais de Oliveira-Silva, M., Silva-Rezende, A. F., Sena-Lopes, A., Barros-de Pinho, R., Kommling-Seixas, F., Veiras-Collares, T., Dias-Portela, R. W., Ariston de Carvalho-Azevedo, V., Borsuk, S. (2021). Saponin-adjuvanted recombinant vaccines containing rCP00660, rCP09720 or rCP01850 proteins against *Corynebacterium pseudotuberculosis* infection in mice.*Vaccine*, *39* (18), 2568-2574. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.03.062.
2. de Pinho, R.B., de Oliveira-Silva, M.T., Bezerra, F.S.B., Borsuk, S. (2021)..Vaccines for caseous lymphadenitis: up-to-date and forward-looking strategies. Applied Microbiology and Biotechnology, 105(6), 2287-2296. https://doi.org/10.1007/s00253-021-11191-4.

EVALUACIÓN *IN SILICO* DE LA RESPUESTA INMUNE HUMORAL Y CELULAR DE LA VACUNA DE SUBUNIDADES PLD Y CP40 CONTRA LA LINFADENITIS CASEOSA.

Roberto Montes-de-Oca-Jiménez[1,2*], Maria Carla Rodríguez Domínguez [1], Martha Elba Ruiz Riva Palacio[2], Gabriel Arteaga Troncoso [3,4], Dan Israel Zavala Vargas [1,5].

[1] Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad. Autónoma del Estado de México. [2] Plantel Sor Juana Inés de la Cruz. UAEM AMECAMECA. Universidad Autónoma del Estado de México.
[3] Departamento de Biología y Desarrollo Celular, Instituto Nacional de Perinatología, Lomas de Chapultepec.[4] Escuela Militar de Oficiales de Sanidad, Universidad del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos Ejército y Fuerza Aérea, SEDENA,
[5] Hospital General de Chimalhuacán, IMSS-Bienestar.

*Autores para correspondencia: romojimenez@yahoo.com; ralerodriguez4@gmail.com, meruizr@uaemex.mx drgarteagat@yahoo.com.mx, danisraelz@gmail.com

Introducción

La inmunoinformática es una de las estrategias más utilizadas en la búsqueda de nuevas moléculas candidatas para el desarrollo de vacunas. El análisis *in silico* representa una alternativa que permite caracterizar los antígenos potenciales evitando el cultivo del microorganismo patógeno, el uso de animales de experimentación en las primeras etapas del diseño, así como ahorros significativos en tiempo y costos de la investigación. El programa C-ImmSim presenta una colección de modelos que permite la simulación de la respuesta inmune humoral y celular, basados en las interacciones entre diferentes poblaciones celulares e interacciones entre las células y moléculas. La versatilidad de este modelo permite la simulación del experimento para ajustar el diseño antes de una evaluación de una vacuna *in vitro* o *in vivo*. Esta herramienta bioinformática ha sido de utilidad para el análisis de vacunología inversa en la búsqueda de candidatos vacunales contra patógenos como: Herpes virus -1, *Yersinia pestis*, *Aeromonas hydrophila, Escherichia coli* uropatogenica y SARS-CoV- 2. El objetivo del presente trabajo fue evaluar *in silico* con el programa C-ImmSim la respuesta inmune humoral y celular de la vacuna de subunidades PLD y CP40 contra la Linfadenitis caseosa.

Materiales y métodos

El programa C-ImmSim se utilizó para simular la producción de IgG1 e IgG2, Linfocitos B, Linfocitos T y perfil de Citoquinas ante la aplicación de las moléculas PLD y CP40 como un formulado vacunal. Se ingresaron en el programa las secuencias de las proteínas PLD (UniProt: P20626) y CP40 (UniProt: A0A1J0KIS5), estableciendo como parámetros dos dosis de vacuna separadas de 21 días y el uso de un adyuvante hipotético, con 60 días como punto final del experimento.

Resultados y discusión

Los programas de bioinformática permiten la predicción en base a diferentes características de los antígenos como la estructura, adherencia, fusión, antigenicidad, unión a receptores MHC I y II, así como activadores de linfocitos B y T (De Groot *et al.*, 2020). Los resultados de la simulación mostraron la capacidad de las proteínas recombinantes para inducir una respuesta humoral con un aumento en la población de Linf B y la generación de respuesta adaptativa con la producción de IgG1, principalmente. La simulación de la respuesta humoral mediada por las células plasmáticas (PLB) para la producción de inmunoglobulinas mostró un aumento de IgM a partir del día 5, seguido de un pico a los 21 días tras la segunda inmunización. La respuesta de PLB para la producción de IgG1 fue superior a IgG2, las cuales se mantienen hasta el día 40 del experimento (Figura 1). La evidencia experimental indica que la producción de IgG1 o IgG2 anti PLD y CP40 se favorece en función de los antígenos empleados, por separados o en combinación con otras proteínas, y de los adyuvantes. Existe evidencia experimental que indica que las formulaciones con proteína CP40 recombinante son eficientes en brindar protección asociada con una respuesta celular Th1 en ausencia de un perfil Th2 (Figura 2). Estudios experimentales han considerado que la inducción de una respuesta Th1 (células T $CD4^+$) es relevante para la activación de las células T

CD8⁺ en el contexto de la MHC-I, logrando así una respuesta eficiente contra *Corynebacterium pseudotuberculosis* (Silva *et al*., 2018; Leal *et al*., 2018). También se estimó la producción de citoquinas, siendo los niveles de IL-2 e INF-γ superiores al resto de las moléculas analizadas (Figura 3), resultados que están en concordancia con lo obtenido por otros investigadores y que favorecen la activación de la respuesta celular hacia un perfil Th1.

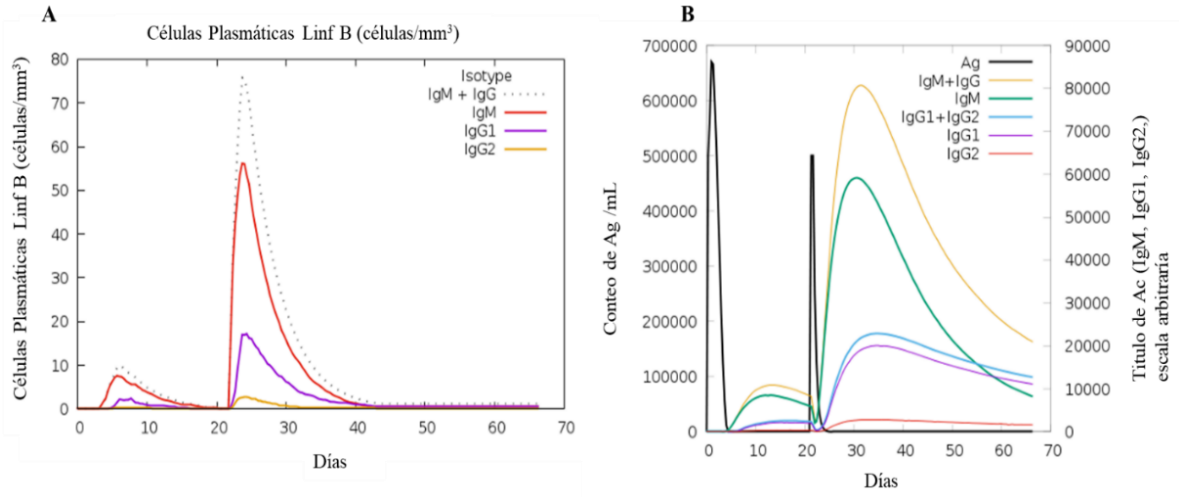


Figura 1. Predicción de la producción dinmunoglobulinas ante la inmunización con PLD y CP40. **A:** Respuesta de células plasmáticas para la producción de las inmunoglobulinas IgM, IgG1, IgG2. **B:** Titulo de anticuerpos IgM, IgG1e IgG2.

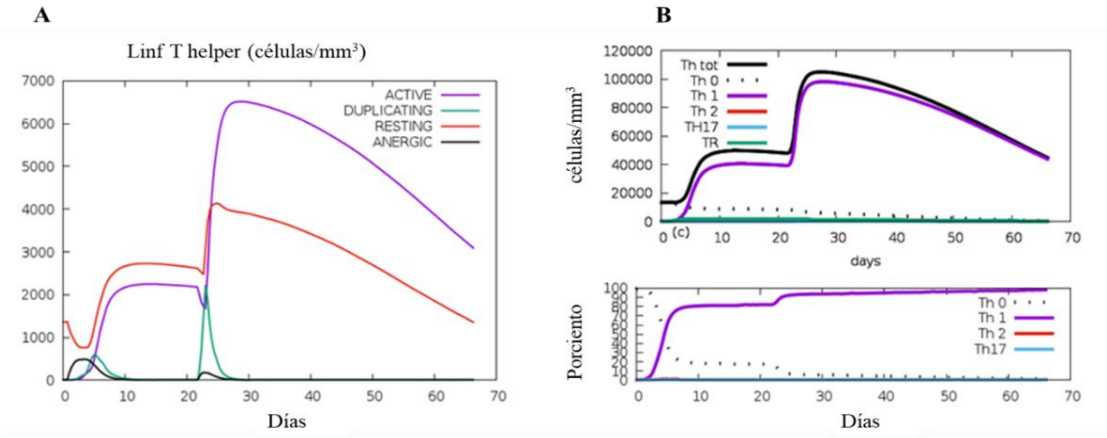


Figura 2. Simulación de la respuesta celular ante la inmunización con las proteínas PLD y CP40. **A:** Activación de Linf Th1/Th2, duplicación, no activos y anergia. **B:** Conteo de células y porciento. Leyenda: ACTIVE, activación de las células. DUPLICATING, duplicación. RESTING, no activación de las células. ANERGIC, anergia.

.

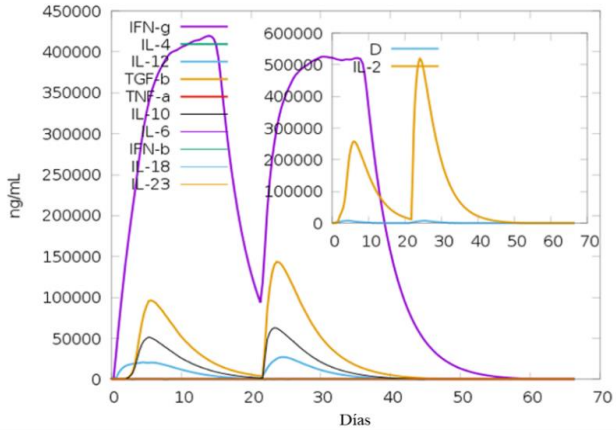


Figura 3. Simulación de la concentración de citoquinas ante la inmunización con las proteínas recombinantes PLDr 2J-L y CP40r 2J-L.

La respuesta celular Th1 participa en la resolución de infecciones intracelulares como es el caso de *Corynebacterium pseudotuberculosis.*

Conclusiones

La predicción de la respuesta inmune humoral y celular inducida por la vacuna de subunidades PLD y CP40 se realizó *in silico* con el programa C-ImmSim de simulación inmune dinámica. Los resultados mostraron que PLD y CP40 son proteínas multiepitópicas con potencial como candidatas para el desarrollo de vacunas.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo se realizó con el apoyo financiero de la Universidad Autónoma del Estado de México. Bajo el proyecto "**Estudio del pangenoma de aislados mexicanos de *Corynebacterium pseudotuberculosis* biovar ovis"**, con clave **7208/2025CIC**

Referencias bibliográficas

1. De Groot, A.S., Moise, L., Terry, F., Gutierrez, A.H., Hindocha, P., Richard, G., Hoft, D.F., Ross, T.M., Noe, A.R., Takahashi, Y., Kotraiah, V., Silk, S.E., Nielsen, C.M., Minassian, A.M., Ashfield, R., Ardito, M., Draper, S.J., Martin, W.D. (2020). Better epitope discovery, precision immune engineering, and accelerated vaccine design using immunoinformatics tools. *Frontiers in Immunology, 11*, 442. https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00442.
2. Leal, K. S., Silva, T.O., Silva, A.F.R., Brilhante, F.S.B., Begnini, K., Seixas, F., Collares, T. (2018). Recombinant M. bovis BCG expressing the PLD protein promotes survival in mice challenged with a *C. pseudotuberculosis* virulent strain. *Vaccine*, *36,* 3578–3583. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2018.05.049.
3. Silva, M. T. O., Bezerra, F. S. B., de Pinho, R. B., Begnini, K. R., Seixas, F. K., Collares, T., Portela, R. D., Azevedo, V., Dellagostin, O., y Borsuk, S. (2018). Association of Corynebacterium pseudotuberculosis recombinant proteins rCP09720 or rCP01850 with rPLD as immunogens in caseous lymphadenitis immunoprophylaxis. Vaccine, 36(1), 74–83. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2017.11.029.

FRECUENCIA DE *Cryptosporidium* EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE BOVINO LECHERO EN LOS ALTOS DE JALISCO.

Atzimba Tamara Huerta-Magallanes[1], Nerina Patricia Veyna-Salazar[1*], Germinal Jorge Cantó-Alarcón[1], Gabriela Aguilar-Tipacamú[1], Marina Durán-Aguilar[1], Héctor Raymundo Vera-Ávila[1]

[1]Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

[*]Autor para correspondencia: nerina.veyna@uaq.mx

Palabras clave: *Cryptosporidium* spp., Jalisco, familiar.

Introducción

***Cryptosporidium* spp.** es el protozoario zoonótico causante de la criptosporidiosis, una enfermedad entérica distribuida mundialmente que afecta principalmente a individuos pediátricos, geriátricos e inmunodeprimidos. En bovinos, la criptosporidiosis representa una causa importante de diarrea neonatal, principalmente ocasionada por la especie *Cryptosporidium parvum,* que es de relevancia por su impacto clínico y su potencial zoonótico (Bulumulla *et al.,* 2025). Aunque la enfermedad se ha reconocido en becerros lecheros de México desde 1983, los estudios epidemiológicos siguen siendo escasos. Esta situación es particularmente preocupante en regiones como Los Altos de Jalisco, la principal cuenca lechera de México, donde existe una alta densidad de Unidades Familiares Lecheras (UFL) que mantienen un contacto humano-animal estrecho, condición que podría favorecer la transmisión zoonótica del parásito. A pesar de su importancia sanitaria y productiva, no existen estudios locales sobre la criptosporidiosis bovina en esta región, lo que evidencia la necesidad urgente de investigaciones epidemiológicas contextualizadas (Cervantes, 2001).

Objetivo

Determinar la frecuencia de *Cryptosporidium* spp. en bovinos lecheros presentes en sistemas de producción familiar en los Altos de Jalisco, México.

Materiales y métodos

Diseño experimental: Se realizó un estudio transversal en abril de 2025 con muestreo aleatorio por conveniencia en 16 Unidades Familiares Lecheras (UFL) ubicadas en diferentes municipios y localidades de los Altos de Jalisco Región Norte y Región Sur, incluyendo Encarnación de Díaz, Tepatitlán de Morelos, Huejuquilla el Alto, Jalostotitlán, San Diego de Alejandría y San Miguel el Alto. El número de animales a muestrear se determinó de acuerdo a Maldonado-Camargo *et al.,* (1998) que reportó una prevalencia del 29% en Jalisco. Se tomaron en cuenta 351 animales distribuidos en diferentes grupos etarios (de 2 a 3 meses, de 4 a 7 meses y mayores a 7 meses), la distribución de la toma de muestras se realizó de acuerdo a la disponibilidad de animales en cada UFL resultando en 94 bovinos de 2-3 meses, 37 de 4-7 meses y 220 mayores a 7 meses. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Parasitología en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, donde fueron almacenadas a 4°C hasta su procesamiento y análisis. Dentro de los datos recopilados se incluyeron la edad de los bovinos y la consistencia de las heces (clasificada en diarrea o firme).

Análisis de las muestras: El diagnóstico a *Cryptosporidium* spp. se realizó través de una tinción de Ziehl-Neelsen modificada (mZN). Las muestras positivas al parásito fueron seleccionadas para el aislamiento y la concentración de los ooquistes por medio de un colchón de sacarosa que permitió la conservación de los mismos en una matriz adecuada para su posterior procesamiento.

Análisis estadístico: Los análisis fueron realizados por medio del software estadístico SAS. La frecuencia se determinó como la proporción de muestras positivas a partir de la técnica mZN. De igual manera, se realizó la prueba de Chi-cuadrada (χ^2) para medir la asociación entre el signo de diarrea y la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. al diagnóstico; así mismo, se calculó la razón de momios (OR) para comparar la probabilidad del diagnóstico positivo al parásito en animales menores y mayores a 7 meses de edad.

Resultados y discusión

En este estudio se observó una frecuencia general del 30.2% para *Cryptosporidium* spp. en bovinos de todas las edades (Cuadro 1). Esto indica una alta circulación del parásito en la población estudiada. Según algunos estudios reportados en unidades de producción intensiva, la frecuencia encontrada en las UFL de Los Altos de Jalisco es significativamente menor, esto puede ser explicado bajo varias premisas (López-Torres *et al.,* 2020). En unidades familiares, el número de animales por área suele ser menor, lo cual reduce la presión de infección y el contacto directo entre animales. Por otro lado, en sistemas familiares que tienen una menor cantidad de bovinos, la atención es más individualizada por lo que el manejo sanitario puede llegar a ser más cuidadoso. En sistemas altamente tecnificados, a diferencia de las UFL, la exigencia productiva puede causar estrés fisiológico que afecta la inmunidad y facilita el establecimiento de infecciones oportunistas como la criptosporidiosis (Ekwem *et al.,* 2021).

Cuadro 1. Frecuencia de *Cryptosporidium* spp. al diagnóstico mediante mZN en los diferentes grupos etarios

Edad	n	Positivos	Negativos	Frecuencia
2-3 meses	94	23	71	24.47%
4-7 meses	37	11	26	29.73%
>7 meses	220	72	148	32.73%
	351	106	245	**30.20%**

La mayor proporción de casos positivos se encuentra en el grupo mayor a 7 meses (32.73%), seguido de los bovinos de 4-7 meses (29.73%) y de 2-3 meses (24.47%) (Cuadro 1). Aunque se esperaría que los animales más jóvenes tuvieran mayor carga de infección, en este estudio no se observaron esos resultados. Esto podría atribuirse a diversas causas; entre ellas, que los animales mayores han estado expuestos durante más tiempo a la contaminación fecal; además, los animales adultos bajo estrés (reproducción, producción láctea, cambios de dieta o manejo) pueden experimentar inmunosupresión temporal, facilitando la proliferación del parásito (Ehab *et al.,* 2022).

No se demostró una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de diarrea y el diagnóstico positivo a *Cryptosporidium* spp. (p>0.05) (Cuadro 2). Aunque el total de animales fue grande (351), solo 27 animales presentaron diarrea. Al haber categorías con valores pequeños (como 9 positivos con diarrea), la prueba puede perder potencia estadística. En cuanto a las cuestiones biológicas, *Cryptosporidium* spp. puede causar infección sin signos visibles, especialmente en adultos. Esto hace que muchos animales con heces formadas den positivo, diluyendo cualquier relación entre diarrea e infección real; además, no toda diarrea en bovinos es causada por *Cryptosporidium* spp., la etiología multifactorial hace que el signo "diarrea" no sea un buen predictor único de criptosporidiosis. Finalmente, si el muestreo no coincidió con el pico de eliminación de ooquistes (máximo en los primeros días de infección), puede que algunos animales positivos ya hayan superado la diarrea o no la hayan desarrollado aún (Shafieyan *et al.,* 2015).

Cuadro 2. Diagnóstico de *Cryptosporidium* spp. por consistencia de heces

Consistencia	Diagnóstico		
	Negativo	**Positivo**	**Total**
Diarrea	18 **66.67%**	9 **33.33%**	27 **100%**
Formada	227 **70.06%**	97 **29.94%**	324 **100%**
Total	245 **69.80%**	106 **30.20%**	351 **100%**
	Chi-cuadrado	0.1363	0.712

De igual manera, no se encontró asociación estadísticamente significativa entre el grupo etario y la positividad a *Cryptosporidium* spp. (p = 0.1813) (Cuadro 3). Los animales menores a 7 meses de edad tuvieron una razón de momios de 0.72, lo que sugiere que tienen 28% menos probabilidad de ser positivas a mZN en comparación con las adultas. La ausencia de la asociación estadística puede explicarse gracias a la heterogeneidad de grupos contemplados debido al número de animales de cada edad presentes en las UFL, que tuvieron desde 12 hasta 120 bovinos en ordeña (Dankwa *et al.,* 2021).

Cuadro 3. Diagnóstico de *Cryptosporidium* spp. por edad

Edad	Diagnóstico			
	Negativo	**Positivo**	**Total**	
Mayores 7 meses	148 **67.27%**	72 **32.73%**	220 **100%**	
Menores a 7 meses	97 **74.05%**	34 **25.95%**	324 **100%**	
Total	245 **69.80%**	106 **30.20%**	351 **100%**	
	Estadístico	**Valor**	**p**	
	Chi-cuadrado	1.7869	0.1813	
	Estadístico	**Valor**	**Límites de confianza**	
	Razón de momios	0.7205	0.4451	1.1662

Conclusiones

La frecuencia general de *Cryptosporidium* fue del 30.20%, donde los animales mayores de 7 meses fueron los que presentaron la mayor infección (32.72%%). No se pudo establecer una asociación significativa entre la presencia del parásito en heces y la edad o la consistencia fecal de los bovinos. La alta frecuencia observada indica la importancia de establecer medidas de bioseguridad en las unidades familiares lecheras para evitar el riesgo de infección en humanos.

Agradecimientos

Al Dr. Fernando Villaseñor-González por las facilidades prestadas para el muestreo. A todos los productores involucrados en el estudio.

Referencias bibliográficas

1. **Cervantes, F. E. (2001).** *La producción lechera familiar en la región de Los Altos de Jalisco: problemática y perspectivas* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana].
2. López-Torres *et al.,* (2020). Prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en hatos lecheros de la región lagunera, México. *Rev BioCiencias, 7,* 881.
3. Maldonado-Camargo, S., Atwill, E. R., Saltijeral-Oaxaca, J. A., & Herrera-Alonso, L. C. (1998). *Prevalence of and risk factors for shedding of Cryptosporidium parvum in Holstein–Friesian dairy calves in central México*. ***Prev Vet Med*, 36**(2), 95–107
4. Ekwem, D., Morrison, T. A., Reeve, R., Enright, J., Buza, J., Shirima, G., Mwajombe, J. K., Lembo, T., & Hopcraft, J. G. C. (2021). Livestock movement informs the risk of disease spread in traditional production systems in East Africa. *Scientific Reports*, *11*(1), 16375.
5. Shafieyan, H., Alborzi, A., Hamidinejat, H., Tabandeh, M. R., & Hajikolaei, M. R. H. (2016). Prevalence of Cryptosporidium spp. In ruminants of Lorestan province, Iran. *Journal of Parasitic Diseases*, *40*(4), 1165–1169.
6. Dankwa, K., Feglo, P. K., Nuvor, S. V., Aggrey-Korsah, M., & Mutocheluh, M. (2021). Cryptosporidium Infection and Associated Risk Factors among Cattle in the Central Region of Ghana. *Journal of Parasitology Research*, *2021*, 1–8.
7. Bulumulla, S., Xiao, L., Feng, Y., Ash, A., Aleri, J., Ryan, U., & Barbosa, A. D. (2025). Cryptosporidium in cattle: Assessing the zoonotic risk. *Current Research in Parasitology & Vector-Borne Diseases*, 100279.

.

IDENTIFICACIÓN DE POLIMORFISMOS DE UN SOLO NUCLEOTÍDO (SNPs) EN GENOMAS COMPLETOS DEL VIRUS DE LA RABIA Y CEPAS VACUNALES.

Jacqueline García-Cano[1*], Isabel Bárcenas-Reyes[1], Isaí Betancourt-Resendes[1], Carlos Adolfo Palacios[2], Feliciano Milián-Suazo[1], Félix Leao Rodríguez-Fierros[1], Marina Durán-Aguilar[1]

[1]Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
[2]Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología, Universidad Nacional de Moreno, Moreno, Buenos Aires, Argentina.

[*]Autor para correspondencia: mvzgarcia.cano@gmail.com

Palabras clave: virus de la rabia, polimorfismo de nucleótido único, genoma completo..

Introducción

La rabia es una enfermedad zoonótica, aguda y mortal causada por el virus de la rabia (VRAB), que afecta a animales y humanos, presenta una distribución mundial y causa alrededor de 60,000 muertes humanas anuales en el mundo (Pfaff *et al.,* 2019). El VRAB es un virus neurotrópico de ARN del género *Lyssavirus* de la familia *Rhadoviridae,* y ha sido por la tipificación antigénica que se ha comprobado que la variación genética del VRAB depende de la especie animal, así como la procedencia geográfica del aislamiento viral (Schneider, 1982). Los reservorios y potenciales transmisores del VRAB son el perro en el ciclo urbano; y la fauna de vida silvestre terrestre y aérea como los murciélagos para el ciclo silvestre. En 2019, México fue declarado libre de casos de rabia en humanos transmitida por perros por la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, el virus aún circula en el ciclo silvestre, en donde el murciélago hematófago *Desmodus rotundus* (*D. rotundus)* es el principal reservorio y potencial transmisor del VRAB al ser humano, especies ganaderas y de fauna silvestre. Aunque el mayor número de casos de rabia transmitida por *D.rotundus* ocurre en las especies ganaderas, la rabia paralítica bovina (RPB), que deriva en pérdidas económicas de aproximadamente 480 millones de pesos en la exportación de ganado en pie, en recientes años, el número de casos de rabia reportados es cada vez más notable en la fauna silvestre como los murciélagos vampiros *D. rotundus*, cérvidos, zorrillos, murciélagos insectívoros, zorros, búfalos y coatíes (Ortega-Sánchez *et al.,* 2022). La vacunación del ganado y otras especies de animales domésticos es la estrategia principal para la prevención y control de la enfermedad, y es obligatoria al trasladar animales de zonas controladas a zonas libres de rabia (NOM-ZOO-067-2007). El VRAB es un problema de salud pública urgente de atender en México, en algunas partes del país es cada vez más frecuente tener reportes de personas agredidas o que han tenido contacto con diferentes especies transmisoras del virus rábico. La epidemiología molecular del VRAB ha sido útil para mejorar el monitoreo de los brotes de rabia y la comprensión de los procesos evolutivos que afectan la diseminación del virus rábico entre hospedadores y reservorios asociados a diferentes ubicaciones geográficas. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se basan en el uso de secuencias parciales del virus, lo que limita la detección de variantes nucleotídicas dentro de las poblaciones virales, ya que el poder discriminatorio para la detección de polimorfismos de un solo solo nucleótido (SNPs) es menor (rango de 0–3 SNP) que cuando se usa la secuencia del genoma completo (SGC) del VRAB (rango de 0-34 SNP) (Nadin-Davis *et al*., 2017). La identificación de un mayor rango del número de SNPs con uso de la SGC del VRAB puede revelar una mejor diferenciación de las cepas de campo y vacunales que respalden el monitoreo de las vacunas antirrábicas y la diversidad genética del VRAB frente a los nuevos brotes de la enfermedad exigiendo la actualización de las estrategias de prevención, control y vigilancia epidemiológica para la rabia en México, principalmente la vacunación de las especies ganaderas y otras especies susceptibles (Höper *et al*., 2015; Bárcenas-Reyes *et al.*, 2017). El objetivo de este estudio fue identificar los polimorfismos de un solo solo nucleótido (SNPs) de secuencias de genomas completo (SGC) del VRAB mexicanas asociadas a *D.rotundus*, utilizando dos genomas de referencia provenientes de cepas vacunales, y clasificar los SNPs identificados con base en su ubicación en el genoma, por regiones codificantes y no codificantes.

.

Materiales y métodos

Se emplearon 21 secuencias de genoma completo del virus de la rabia de campo (SGC-VRAB) de los años comprendidos de 2014 a 2024, cuatro de ellas fueron proporcionadas de un estudio realizado por Bárcenas-Reyes *et al.,* 2017, el resto de las SGC-VRAB fueron obtenidas de bases de datos públicas: *GenBank* (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/) y *Bacterial and Viral Bioinformatics Resourse Center* (https://www.bv-brc.org/) (Cuadro 1). Se utilizaron tres cepas de referencia de las cuales una corresponde a la cepa de campo (3634DR: JQ685936.1) y dos cepas vacunales (ERA: EF206707.1 SAD: EF206720.1). Todas las secuencias tenían por lo menos un 95% de similitud entre ellas y fueron obtenidas en formato FASTA. Para identificar los SNPs de las 21 SGC-VRAB se usó *Ubuntu 24.04.1 LTS (GNU/Linux 5.15.167.4-microsoft-standard-WSL2 x86_64)*, primero se indexaron los genomas de referencia (3634DR, ERA y SAD) con el paquete *bwa aligment via Burrows-Wheeler transformation* (v. 0.7.17 r-1188) (https://bio-bwa.sourceforge.net/), después fueron ensambladas las lecturas de las 21 SGC-VRAB con cada uno de los genomas de referencia, posteriormente se realizó el llamado de SNPs con la herramienta *samtools* (v.1.19.2) (https://samtools.sourceforge.net/).Se obtuvieron tres archivos VCF *(Variant Call Format*), cada uno contenía los SNPs encontrados en total de las 21 SGC-VRAB con los genomas de referencia, estos archivos fueron filtrados en *Rstudio 4.4.2,* con los paquetes *vcfR* (v.1.15.0) y *SNPfiltR* (v.1.0.2), con base en criterios de calidad y cobertura. Para clasificar los SNPs de las secuencias analizadas se empleó un script en *Rstudio 4.4.2., el* cual realizó la anotación de variantes de los archivos VCF filtrados y se caracterizaron los SNPs identificados con base en su región genómica, clasificándose en: SNPs en región codificante y SNPs en región no codificante con base en un archivo GFF3 *(General Feature Format 3*), correspondiente a cada uno de los genomas de referencia.

Cuadro 1. Datos de las SGC del VRAB mexicanas con %Identidad >95 y valor de E=0.0 con cuatro cepas obtenidas de ganado en Querétaro.

#	Cepa	Acceso al GenBank	Tamaño (kb)	Año de obtención	Hospedante
1	0635CattleAcatlanHgo-Qro.Mex		11906	2014	Bovino asociado a *D. rotundus*
2	328CattleColnQro.Mex		11902	2014	Bovino asociado a *D. rotundus*
3	0987CattleE.MontesQroMex		12006	2014	Bovino asociado a *D. rotundus*
4	4225CattleJalpanQroMex		12202	2013	Bovino asociado a *D. rotundus*
5	CENASA-MX24-Rab130	PQ603086	11902	2024	*D. rotundus*
6	CENASA-MX24-Rab113	PQ510120	11957	2024	*D. rotundus*
7	CENASA-MX23-Rab92	PQ379850	11958	2023	Murciélago hematófago
8	CENASA-MX23-Rab89	PQ379849	11875	2023	*D. rotundus*
9	CENASA-MX20-Rab51	PQ379844	11905	2020	Murciélago hematófago
10	CENASA-MX20-Rab48	PQ379842	11923	2020	Murciélago hematófago
11	CENASA-MX20-Rab47	PQ379841	11914	2020	Murciélago hematófago
12	CENASA-MX21-Rab45	PQ379839	11935	2021	Murciélago hematófago
13	CENASA-MX21-Rab44	PQ379838	11928	2021	Murciélago hematófago
14	CENASA-MX21-Rab43	PQ379837	11908	2021	Murciélago hematófago
15	CENASA-MX21-Rab42	PQ379836	11905	2021	*D. rotundus*
16	CENASA-MX21-Rab41	PQ379835	11904	2021	Murciélago hematófago
17	CENASA-MX22-Rab39	PQ379834	11902	2022	*D. rotundus*
18	CENASA-MX23-Rab38	PQ379833	11924	2023	*D. rotundus*
19	CENASA-MX23-Rab37	PQ379832	11904	2023	*D. rotundus*
20	CENASA-MX23-Rab35	PQ379830	11924	2023	Murciélago hematófago
21	CENASA-MX23-Rab26	PQ379829	11888	2023	*D. rotundus*

Resultados y discusión

Las 21 secuencias incluidas en este estudio correspondieron al periodo del 2014 al 2024 y se obtuvieron tres archivos VCF filtrados con los ensambles siguientes: VCF-1 (21 SGC-VRAB con 3634DR), VCF-2 (21 SGC-VRAB con ERA y VCF-3 (21 SGC-VRAB con SAD) (Cuadro 2). En los tres ensambles, el número total de SNPs detectados a nivel de genoma completo fue superior al identificado en secuencias parciales de genes. Además, como era de esperarse, los ensambles que incluyeron a las cepas vacunales (VCF-2 y VCF-3) tuvieron un mayor número de SNPs totales a diferencia del ensamble que solo consideró a la cepa de campo (VCF-1), nuestros resultados coinciden con los reportados por Höper *et al*., 2015 en dónde

Cuadro 2. Número total de SNPs identificados, filtrados y clasificados por región genómica.

Ensambles	Genoma de referencia	SNPs	*Gen N	*Gen P	*Gen M	*Gen G	*Gen L	**Intergénicas
VCF-1	3634DR	799	82	69	69	116	379	115
VCF-2	ERA	1686	203	22	103	192	1108	58
VCF-3	SAD	1629	205	21	42	190	1115	56

**Región codificante **Región no codificante*

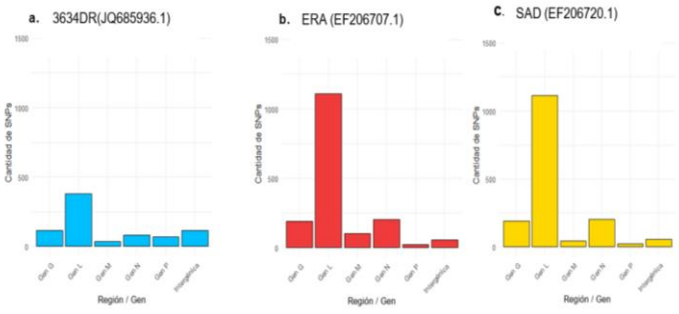


Figura 1. Distribución de SNPs por región genómica. (*a. presenta la distribución con base en el genoma de referencia 3634DR, el b. con genoma de referencia de la cepa vacunal ERA, c. utiliza como genoma de referencia a la cepa vacunal SAD*).

confirman un mayor número de variantes de nucleótidos para los ensambles vacunales (SAD B19 y SAD Bern). En nuestro análisis la mayor variabilidad genética corresponde al ensamble VCF-2 que incluye a la cepa vacunal ERA y la distribución de SNPs mostró patrones de variantes genéticas distintos para cada gen en los tres ensambles (Figura 1). Notablemente, solo en el ensamble VCF-1, que incluyó a la cepa de campo como referencia, se detectó un mayor número de SNPs en las regiones intergénicas (no codificantes). Algunos estudios refieren que la diversidad genética entre las cepas vacunales y las cepas de campo puede atribuirse al origen de la cepa vacunal y a la acumulación de mutaciones (Pfaff *et al;* 2019). Estas mutaciones pueden ser no sinónimas, como las observadas durante la replicación en el huésped o el proceso de producción en el caso de la cepa ERA, o predominantemente sinónimas, como las encontradas en la cepa SAD, así como a los "cuellos de botella" que ocurren durante la infección de los huéspedes (Schneider *et al*., 2001; Pfaff *et al.,* 2019).

Conclusión

Este estudio confirmó de manera robusta que existe mayor variabilidad de SNPs al comparar las cepas de campo del VRAB con las cepas vacunales SAD y ERA, y que la distribución de estos SNPs es diferente para cada gen en los tres ensambles cuando se usan secuencias de genoma completo. El número elevado de SNPs identificado en las regiones intergénicas (no codificante) de VCF-1 refuerza la hipótesis de que el VRAB de campo proveniente de vampiros posiblemente está bajo una menor presión selectiva sin embargo aún es necesario realizar estudios posteriores de los hallazgos obtenidos hasta ahora, para conocer el papel potencial de riesgo que tienen estas variaciones para la evolución del VRAB para la estrategia de vacunación.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y al CA. Mejoramiento Animal Integral FCN-UAQ.

Referencias bibliográficas

1. Bárcenas-Reyes, I., Loza-Rubio, E., Cantó-Alarcón, G. J., Luna-Cozar, J., Enríquez-Vázquez, A., Barrón-Rodríguez, R. J., & Milián-Suazo, F. (2017). Whole genome sequence phylogenetic analysis of four Mexican rabies virus isolated from cattle. *Res Vet Sci,* 113, 21-24.
2. Höper, D., Freuling, C. M., Müller, T., Hanke, D., von Messling, V., Duchow, K., ... & Mettenleiter, T. C. (2015). High definition viral vaccine strain identity and stability testing using full-genome population data–The next generation of vaccine quality control. *Vaccine*, *33*(43), 5829-5837.
3. Nadin-Davis, S., Colville, A., Trewby, H., Biek, R., & Real, L. (2017). Application of high-throughput sequencing to whole rabies viral genome characterization and its issue for phylogenetic re-evaluation of a raccoon strain incursion into province of Ontario. *Virus Res*, 232, 123-133.
4. Ortega-Sánchez, R., Bárcenas-Reyes, I., Cantó-Alarcón, G. J., Luna-Cozar, J., E, R. A., Contreras-Magallanes, Y. G., ... & Milián-Suazo, F. (2022). Descriptive and time-series analysis of rabies in different animal species in Mexico. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 800735.
5. Pfaff, F., Müller, T., Freuling, C. M., Fehlner-Gardiner, C., Nadin-Davis, S., Robardet, E., ... & Höper, D. (2019). In-depth genome analyses of viruses from vaccine-derived rabies cases and corresponding live-attenuated oral rabies vaccine. *Vaccine,* 37(33), 4758-4765.

DESCRIPCIÓN PRELIMINAR DE LAS PROBLEMÁTICAS Y LIMITACIONES EN LA SALUD DE LAS ABEJAS Y DESARROLLO APÍCOLA DE SAN LUIS POTOSÍ.

Karen Neftali Méndez-González[1], Donaji Josefina González-Mille[1*], Anuschka Van´t-Hooft[1], Moisés Vallejo-Pérez[1], Ricardo Dzul-Caamal[2], Octavio Gaspar-Ramírez[3].

[1]Universidad Autónoma de San Luis Potosí, [2]Universidad Autónoma de Campeche, [3]Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

*Autor para correspondencia: donaji.gonzalez@uaslp.mx

Palabras clave: ambiente, salud y abejas.

Introducción.
La apicultura se refiere a la crianza y cuidado de las abejas del cual se obtienen productos de la colmena que son comercializables, económicamente representa una fuente de ingresos complementaria o principal a los hogares y ecológicamente contribuye con el servicio ecosistémico de polinización para la diversidad y permanencia de cultivos, así como para la producción de fauna y flora silvestres (1). *Apis mellifera* es la principal especie utilizada para la producción apícola. Como polinizador, la abeja enfrenta una crisis en el declive de sus poblaciones, como causas se ha registrado el fenómeno del Desorden el Colapso de las Colmenas (DCC) de origen multicausal, asociado a enfermedades, plagas, estrés, cambios en el hábitat, dieta inadecuada, cambio climático y envenenamiento por exposición a plaguicidas (2). Otras variables que influyen son las prácticas apícolas, actividades agropecuarias e inseguridad. El aumento de las zonas dedicadas a la ganadería y zonas de cultivo no aptos para la apicultura tienen una influencia importante indirecta con la “accesibilidad a las zonas de floración” y “la distancia que existe entre la zona de floración y el apiario” lo que impactará en las actividades de pecoreo. Estas modificaciones tienen un mayor impacto en la apicultura trashumante ya que está sujeta al ambiente y a la selección de los sitios por parte del apicultor, los cuales han sido modificados por factores como la tala clandestina y el incremento de zonas de cultivo intensivos (3). En San Luis Potosí, la apicultura era practicada en 46 se los 58 municipios para el año 2022. Se contaba con 17 unidades acopiadoras y 7 exportadoras, 100, 160 colmenas y 1, 116 apicultores en 2023. Sin embargo, el gremio apícola presenta desafíos en diferentes temas y estos a su vez son diversos entre las regiones del Estado debido a las condiciones ambientales y sociales. Por otro lado, los eventos de intoxicación e incendios son factores que han afectado a los apiarios y poco se ha hecho para la prevención o sanción de estos, como el notable evento suscitado en el 2014 en el municipio de Cerritos que registro pérdidas del 63 % en abejas por la aplicación de plaguicidas. Del periodo del 2015 al 2019 se tiene registro de los proyectos de apoyo en alimentación complementaria, material e infraestructura y material genético al gremio apícola del Estado, y del 2020 a 2024 no hay registro de apoyos. Sin embargo, resalta la ausencia de proyectos al fomento de la investigación que aborde la complejidad de los problemas que rodean a la apicultura. Complementario a este hecho, en el año 2020 el Consejo Estatal del Sistema Producto Apícola del Estado de San Luis Potosí, mencionó la disminución de 900 a 300 apicultores de los que tenían registrados debido a diversos factores, como la suspensión de convenios internacionales para la exportación de la miel, los cambios ambientales y por el uso indiscriminado de plaguicidas (4).

Objetivo
Conocer la perspectiva de las problemáticas y limitaciones en el desarrollo apícola de San Luis Potosí desde la voz de los apicultores, para la construcción futura de proyectos y estrategias que aborden las problemáticas actuales de manera integral.

Meteriales y métodos
Se aplicó una entrevista semiestructurada, la cual fue diseñada en base a herramientas usadas como medio de obtención de información hacia apicultores mexicanos para la caracterización económica, social y tecnológica (5). La aplicación piloto de la herramienta resulto en la modificación de la reformulación de cinco preguntas y la adición de ocho. Tiene 7 secciones cortas con preguntas cerradas y abiertas, divididas en a) datos generales, b) manejo y producción, c) prevención y control de enfermedades, d) Eventos de intoxicación y e) cambios ambientales, f) vandalismo e inseguridad. Previo a la aplicación, se realizó la

presentación del proyecto y con la aceptación del consentimiento informado se procedió con la entrevista en apicultores (n=15) con residencia en el Estado de San Luis Potosí. Se realizó un análisis estadístico de frecuencias.

Resultados y discusión.

De los apicultores entrevistados el 86.3% son hombres, resaltando la ausencia de la figura femenina en el gremio. En relación con los años de experiencia, el grupo etario va desde los 28 a los 70 y en su mayoría son personas mayores de 40 años, reflejando la importancia de trabajar en estrategias para que exista un relevo generacional en la apicultura y evitar que las practicas y conocimiento se pierdan. El 80% pertenece a algún grupo o sociedad lo que les permite tener una red de apoyo en algunos casos y mantener comunicación para la gestión de apoyos. En cuanto a la afiliación, solo el 60% está dado de alta en el Sistema Nacional de Identificación Individual de Ganado. El tamaño del productor se clasifico en cuatro categorías por el número de colmenas, el pequeño apicultor (1-25) con el 20%, mediano (28-50), el 46%, grande (51-100), el 26.6% e industrial (+100), el 6.6%. En el tema de manejo y producción el 53% se ha capacitado en los últimos 5 años, situación que marca la necesidad de actualización. En cuanto a su percepción, el 80% menciona que ha tenido afectaciones en su producción, el 90% se lo atribuyen al cambio climático por falta de lluvias. En el tema de eventos de intoxicación solo el 20% ha tenido esta clase de eventos, en este punto es importante resaltar que la mitad de la población pertenece a la huasteca y que el uso de plaguicidas no es de uso intensivo como en la zona media. En cuanto al tema de inseguridad, solo el 26% ha tenido eventos de robo y/o vandalismo en sus apiarios, mencionando que el robo de la miel es lo más frecuente. Y para la presencia de plagas, la varroa es la que predomina con el 46%, seguido de la combinación de hormiga, varroa, y escarabajo.

Conclusión.

Para el grupo de apicultores entrevistados su principal problemática es la falta de lluvias lo que limitado su producción y en cuanto a la salud de las abejas la presencia de varroa es el factor más frecuente que puede estar afectando la salud de sus abejas.

En este trabajo se muestra solo una pequeña parte de la realidad que están viviendo los apicultores de nuestro estado. Se continuará con la aplicación de la herramienta con un mayor número de participantes, siendo que aquí se presentan resultados parciales de la entrevista y con una muestra pequeña, por lo que más adelante se espera tener conclusiones con mayor peso. Es necesario conocer las problemáticas desde la voz del apicultor, pues son ellos quienes viven y comprenden mejor sus problemáticas y necesidades. Es responsabilidad de las entidades competentes abordarlas desarrollando estrategias que protejan los intereses del apicultor e impulsen el fomento a la investigación ya que si bien los apoyos en infraestructura y alimentación son importantes no se está considerando el panorama general, adicionado a que no todos los apicultores reciben esos apoyos y el presupuesto ha sido limitado. La apicultura es una actividad que requiere de más visibilidad por el sector pecuario, las entidades académicas y la sociedad en general y el primer paso es saber lo que están enfrentado para poder proponer, actuar y orientar a los tomadores de decisiones

Agradecimientos.

Se agradece al, Consejo Estatal del Sistema Producto Apícola del Estado de San Luis Potosí, A.C., apicultores independientes, Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria de San Luis Potosí A.C. y técnicos de acompañamiento del programa las Escuelas de Campo (ECAs) de SEDARH por su apoyo y participación en el proyecto.

Referencias bibliográficas

1. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP). (2021). Gobierno de México. Medio Ambiente. Disponible en: https://www.gob.mx/agricultura/documentos/estrategia-nacional-para-la-conservacion-y-uso-sustentable-de-los-polinizadores-encusp.
2. Dicks, L. V., Breeze, T. D., Ngo, H. T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M. A., Basu, P., Buchori, D., Galetto, L., Garibaldi, L. A., Gemmill-Herren, B., Howlett, B. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Johnson, S. D., Kovács-Hostyánszki, A., Kwon, Y. J., Lattorff, H. M. G., Lungharwo, T., Seymour, C. L., … Potts, S. G.

(2021). A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. Nature Ecology & Evolution, 5(10), 1453-1461. https://doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9

3. Martell-Tamanis A., Lobato-Rosales F., Landa-Zárate M., Luna-Chontal G., García-Santamaría L., Fernández-Lambert G. (2020). Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas *Apis mellifera* en la región de Misantla. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(6), 1353-1365. versión impresa ISSN 2007-0934. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.1690
4. Rocha R. 2020. El sol de San Luis. La apicultura en peligro de extinción. Disponible en: https://oem.com.mx/elsoldesanluis/local/la-apicultura-en-slp-en-peligro-de-extincion-17260061.
5. López G. 2019. Ser y Estar bien campesino. Un reto para las Organizaciones de apicultores en Mesoamérica. Colegio de la Frontera Sur. Tesis de maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Repositorio ECOSUR. Disponible en: https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2508/1/36271_Documento.pdf

EXPRESIÓN FENOTÍPICA DE LA FORMACIÓN DE BIOFILM POR *STAHYLOCOCCUS AUREUS* AISLADOS DE HATOS LECHEROS DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE LA REGIÓN ECONÓMICA I ESTADO DE MÉXICO.

Gerardo Mancera-Cuadros*[1, 2], Valente Velázquez-Ordoñez**[1,2], Benjamín Valladares-Carranza[1, 2], Carlos Bedolla-Cedeño[3].

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, [2]Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal (CIESA FMVZ UAEM),[3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

*Autor para correspondencia: germancu_09@hotmail.com vvo@uaemex.mx.

Palabras clave: expresión fenotípica, Biofilm, *S. aureus*

Introducción

El *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) es el patógeno causal de mastitis más importante en vacas lecheras en el mundo, ya que posee diversos factores de virulencia que favorecen la colonización, la persistencia y dificultan el tratamiento de la glándula mamaria. La patogenicidad de los aislados de *S. aureus* se ha relacionado con diferentes características del agente como lo son: la adherencia, producción de toxinas, enzimas y factores estructurales y extracelulares que exhibe este microorganismo. La formación de Biofilm es un factor de patogenicidad expresado por el agente, mismo que se ha asociado con infecciones crónicas y persistentes de la glándula mamaria y se ha convertido en tema de gran interés en diferentes trabajos de investigación[1].

El Biofilm es una estructura adherente formada por bacterias encapsuladas en una matriz que se produce en superficies inanimadas y corporales naturales, así como en dispositivos médicos de uso común en las explotaciones lecheras. Dado que los aislados de *S. aureus* formadores de Biofilm son más resistentes a los antibióticos y a que este factor de virulencia impide la fagocitosis del microorganismo, el tratamiento de las infecciones causadas por aislados de *S. aureus* positivos para Biofilm son difíciles de erradicar de la glándula y del hato lechero[2].

Se ha demostrado genotípicamente que existen genes (icaADBC) y algunas proteínas que son responsables de la formación de Biofilm en genotipos de *S. aureus*. Así mismo se ha encontrado la expresión fenotípica de este factor de virulencia en medios de cultivo como el Agar tripicasa soja (ATSRC) e Infusión Cerebro Corazón adicionados con Rojo Congo (ICCRC) obteniéndose el crecimiento de colonias de color rojo pálido (negativas) y negras brillantes (positivas)[3,4].

Por lo que el objetivo del presente estudio fue el caracterizar fenotípicamente la formación de Biofilm en 40 aislamientos de *S. aureus* obtenidos de muestras de leche de vacas de explotaciones lecheras ubicadas en Toluca Estado de México. Para la detección fenotípica de aislados formadores de Biofilm en los aislados del presente estudio se utilizó el medio de cultivo ICCRC y las cepas de *S. aureus* ATCC 25904 y *S. epidermidis* ATCC 12228 como controles positivo y negativo, respectivamente. De acuerdo con las evaluaciones fenotípicas y morfológicas del crecimiento de las colonias en medio de cultivo ICCRC del presente estudio se encontró que el 82.5% (33 aislamientos) fueron positivos y el 17.2% (7 aislamientos) fueron negativos a la expresión fenotípica de Biofilm. En el presente trabajo se observó que existe un alto porcentaje de aislamientos que expresan fenotípicamente la formación de Biofilm lo que pone en riesgo la producción de leche en el área de estudio.

Objetivo

Determinar fenotípicamente la formación de Biofilm en medio de cultivo ICCRA por aislamientos de *S. aureus* obtenidos de muestras de leche de vacas de explotaciones de Toluca Estado de México.

Materiales y métodos

Obtención de las muestras

Se obtuvieron un total de 40 aislamientos *S. aureus*, de muestras de leche de vacas que presentaban mastitis subclínica en granjas de producción familiar localizadas en Toluca Estado de México (**Figura 1**). Los aislamientos fueron identificados con anterioridad en base en sus características morfológicas,

catalasa positiva, tinción de Gram, hemolisis en Agar Sangre (AS), oxidación de manitol, producción de coagulasa y producción de DNAse, una vez identificados los aislamientos fueron cultivados en AS para su análisis en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Avanzados en Salud Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria Y zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México (CIESA-FMVZ-UAEMEX).



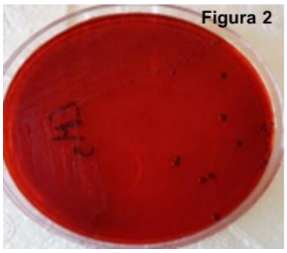


Figura 1: Prueba de mastitis positiva a mastitis subclínica en muestra de leche de vacas de una explotación lechera de Toluca estado de México.
Figura 2: Medio de cultivo ICCRC para la determinación de la formación de Biofilm por aislamiento de *S. aureus* obtenidos de muestras de leche de vacas en Toluca estado de México, crecimiento a las 24 hrs. a temperatura ambiente.

Detección de la producción de Biofilm

La expresión fenotípica de Biofilm de todos los aislamientos obtenidos fue evaluada por el método cualitativo de crecimiento en ICCRA, mediante el protocolo descrito por Freeman et al. (1989). Las placas con medio de cultivo, fueron inoculadas e incubadas en aerobiosis por 24 horas a 37 °C. y posteriormente fueron almacenadas a temperatura ambiente hasta las 48 horas (**Figura 2**), los cultivos positivos fueron indicados como colonias negras con consistencia cristalina seca, mientras que los negativos presentaban un color rojo pálido.

Resultados y discusión

En el presente estudio se investigó cualitativamente la producción de Biofilm a partir de la morfología colonial de 40 aislamientos de *S. aureus* cultivadas en ICCRC, mediante el método descrito por Freeman *et al*., 1989. Determinándose que el tiempo óptimo para el crecimiento y diferenciación de los aislamientos es las 48 horas posteriores a la inoculación en la placa, permitiendo una mejor caracterización de los aislados productores de Biofilm.

El método descrito inicialmente por Freeman *et al*., 1989, nos permite obtener el desarrollo de colonias oscuras de aspecto cristalino seco (positivas), colonias de color rojo o rosas (negativas) y colonias con aspecto obscuro opacas (positivas intermedias). Esto coincide con lo encontrado en el presente trabajo donde los aislados en ICCRC se observaron tres tipos de colonias, semejantes a las descritas por dichos autores (**Figura 3 A, B, C**). De la misma manera Cucarella *et al*., 2004, describen características morfológicas semejantes a las reportadas en el presente trabajo.

De acuerdo a las evaluaciones fenotípicas de las colonias en medio ICCRC de Rasim y Ilknur, 2018, encontraron que de las 175 de muestras evaluadas el 57,7% eran negativas, mientras que el 42.3% fueron positivas, en contraste en el presente trabajo se encontró un mayor porcentaje de aislamientos positivos que negativas, en comparación con los estudios de estos autores. Por su parte Bardiaua *et al*., 2016, encontraron una proporción igual en el porcentaje de aislamientos positivos y negativos en comparación con el presente trabajo.

Así mismo Peña y Uffo, 2013, reportaron que el 98% (96/98) de los aislamientos de *S. aureus* resultaron ser productores de Biofilm, mismos que encontraron 4 diferentes intensidades en la producción de biofilm por los diferentes aislamientos, estos autores reportaron que el 40,8% (40/98), 23.5% (23/98), 33.7% (33/98) y 2% (2/98) de las cepas fueron fuertes, moderadas, débiles y no productoras, respectivamente. Lo que difiere de los datos del presente trabajo donde solo se reportó 3 tipos de intensidades las cuales fueron positivas, medianamente positivas y negativas.

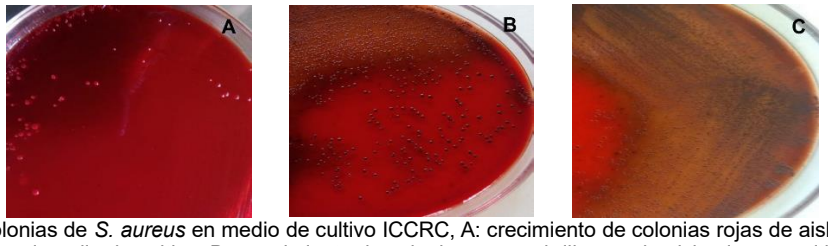


Figura 3: Crecimiento de colonias de *S. aureus* en medio de cultivo ICCRC, A: crecimiento de colonias rojas de aislamiento negativo a la producción de Biofilm en el medio de cultivo; B: crecimiento de colonias negras brillantes de aislamiento positivo a la formación de Biofilm en el medio de cultivo; C: crecimiento de colonias negras opacas de aislamiento positivo intermedio a la producción de Biofilm en medio de cultivo utilizado en el presente trabajo.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo confirman la existencia de cepas productoras de Biofilm las cuales pueden desempeñar un papel importante en la salud de los animales y la salud pública. Así mismo se demostró la habilidad de los aislamientos de *S. aureus* obtenidos de leche de vacas en Toluca estado de México para formar Biofilm, lo que contribuye de manera significativa con la sobrevivencia de la bacteria en condiciones medioambientales hostiles, siendo considerado como uno de los mecanismos de patogenicidad responsables de la persistencia en la glándula mamaria y la presentación de infecciones crónicas en el ganado lechero.

Los resultados demuestran que el método de crecimiento del Microorganismo en ICCRC puede ser de elección para determinar la producción de Biofilm por este y otros microorganismos patógeno, ya que se determinó que la mayoría de las cepas de *S. aureus* son productoras de biofilm. Así mismo se determinó que al menos uno de los aislamientos que fueron analizados tiene muy alta capacidad de formar biofilm, lo que le puede conferir un alto potencial patogénico y alta resistencia al tratamiento antibiótico de la mastitis producida por este agente microbiano en el ganado bovino y permitirle la persistencia en la infección a la glándula mamaria.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UAEMex, por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo en las instalaciones del CIESA-FMVZ-UAEMex.

Referencias bibliográficas

1. Rasim Sahim, Ilknur Kaleli. (2018). Comparación de las características genotípicas y fenotípicas en la producción de biopelículas de aislamientos de *Staphylococcus aureus*. Mikrobiyol Bul. 52(2): 111-122.
2. Melchior MB, Vaarkamp H, Fink-Gremmels J. (2006). Biofilms: a role in recurrent mastitis infections? Vet J. 171(3):398-407.
3. Cucarella C, Tormo MÁ, Ubeda C, Trotonda MP, Monzon M, Peris C et al., 2004, Role of biofilm associated protein Bap in the pathogenesis of bovine *Staphylococcus aureus*. Infect Immun, 72: 2177-2185.
4. Freeman DJ, Falkiner FR, Keane CT. (1989). New method for detecting slime production by coagulase negative staphylococci, J Clin Pathol, 42, 872-874.
5. Bardiaua, M., Caplin, J., Detilleux, J., Graber, H., Moroni, P., Taminiau, B., Mainil, J. G. (2016). Existence of two groups of *Staphylococcus aureus* strains isolated from bovine mastitis based on biofilm formation, intracellular survival, capsular profile and agr-typing. Vet Microbiolo 185: 1–6.

EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA *IN VITRO* DE SEIS SELLADORES CON DIFERENTES INGREDIENTES ACTIVOS CONTRA PATÓGENOS COMÚNMENTE AISLADOS EN CASOS DE MASTITIS BOVINA.

Lysett Corona-Gómez[1]*, Laura Hernández-Andrade[2], Israel Daniel Ricardo-González[3]

[1]FES-Cuautitlán UNAM, [2]INIFAP CENID SAI, [3]FMVZ-Departamento de Rumiantes

*Autor para correspondencia: lysett.corona@cuautitlan.unam.mx

Palabras clave: selladores, mastitis, *Staphylococcus aureus.*

Introducción

La mastitis bovina representa una de las principales enfermedades que afectan a la producción lechera, tanto por las pérdidas económicas asociadas a la disminución en la cantidad y calidad de la leche, como por los costos en tratamientos, descartes y reemplazo de animales (Hogeveen et al., 2011). Esta inflamación de la glándula mamaria es provocada, en la mayoría de los casos, por la invasión de microorganismos patógenos a través del canal del pezón, siendo *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus uberis* y *Escherichia coli* algunos de los agentes más frecuentemente aislados (Dego, 2013).

Una de las estrategias más efectivas para prevenir nuevas infecciones intramamarias es la aplicación de selladores postordeña (Cheng, 2020). Estos productos están diseñados para formar una barrera química sobre el pezón que impida la colonización por bacterias, al mismo tiempo que ejercen una acción antimicrobiana gracias a la inclusión de diversos ingredientes activos, como yodo, clorhexidina, ácido láctico, extractos vegetales y otros compuestos naturales o sintéticos. Su aplicación inmediata después del ordeño es fundamental, ya que durante este periodo el esfínter del pezón permanece abierto y la glándula es más vulnerable a la entrada de patógenos (Dore et al., 2019). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar *in vitro* la eficacia microbiológica de seis selladores post ordeña con diferentes ingredientes activos, frente a bacterias comúnmente asociadas con casos de mastitis bovina. Mediante pruebas de sensibilidad antimicrobiana en condiciones controladas de laboratorio, se busca determinar el potencial bactericida de cada formulación, con el fin de contribuir a una mejor selección de productos para el control preventivo de esta enfermedad.

Material y métodos

Se utilizaron 6 selladores con los siguientes ingredientes activos: yodo al 1% (Y1), yodo al 1% con aloe vera (Y1A) y yodo al 0,5% (Y05); dos selladores a base de clorhexidina: digluconato de clorhexidina al 0,5% (DC) y gluconato de clorhexidina al 0,4% (GC) y cloro activo latente derivado de trocloseno sódico (TS).

Los selladores se sometieron a prueba con 24 cepas de microorganismos aislados de casos de mastitis bovina y 5 cepas ATCC, distribuidos de la siguiente manera: microorganismos gramnegativos: 3 cepas de campo y una *Escherichia coli* (ATCC 8739), 3 de *Klebsiella pneumoniae* y la cepa (ATCC 700603) y 3 de *Pseudmonas aeruginosa*. Microorganismos grampositivos: 3 cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de campo y (1 ATCC BAA976), 3 de *Streptococcus dysgalactiae*, 3 de *Streptococcus uberis* y 3 de *Bacillus cereus* y la (ATCC 14579); levaduras: 3 cepas de *Candida albicans* y (ATCC 14053).

Se empleó la técnica de difusión en agar, utilizando cilindros de acero inoxidable colocados sobre placas de agar Mueller-Hinton inoculadas con la dilución bacteriana de 10^8 UFC/mL de cada uno de los microorganismos, posteriormente se añadieron 250 µL de los productos a evaluar y se incubaron a 37 °C, durante 24 h. Se utilizó una solución comercial de tintura de cloruro de benzalconio (0,250 mg/100 mL) como control positivo y solución salina estéril como control negativo. Después de las 24 h se retiraron los cilindros y se procedió a medir las zonas de inhibición y los diámetros obtenidos se compararon con los valores sugeridos por Hernández *et al*. 1999 para determinar el grado de actividad: sin actividad inhibitoria (8-16 mm), actividad regular (17-22 mm), buena o mayor (23-30 mm) y excelente (>30 mm), adicionalmente se aplicó estadística descriptiva utilizando el programa IBM SPSS.

Resultados y discusión

En el caso de las bacterias gram-negativas, los selladores que no mostraron actividad (8-16 mm) fueron los de Yodo al 1 % (Y1) para las cepas de *K. pneumoniae y P. aeruginosa*; Digluconato de clorhexidina

(DC) y TS para *P. aeruginosa*, mientras que Y1A e Y05 no mostraron actividad para los microorganismos evaluados.
Los selladores que mostraron actividad regular (17-22 mm) fueron: DC y TS para las cepas de *E. coli y K. pneumoniae*, Yodo al 1% solo para las cepas de *E. coli* y GC para todas las cepas evaluadas.
Para las bacterias gram-positivas, los selladores que no mostraron actividad (8-16 mm) fueron Yodo al 1% para *S. dysgalactiae*; Y05 y TS para *S. uberis*, *S. dysgalactiae y B. cereus*; DC para *S. dysgalactiae y B. cereus*, y Y1A para todos los microorganismos grampositivos evaluados.
Los selladores que mostraron una actividad regular (17-22 mm) fueron: Yodo al 1% para *S. aureus, S. uberis y B. cereus*; Y05 y TS para *S. aureus y B. cereus*; DC para *S. aureus y S. uberis*, y GC para todos los microorganismos evaluados.
Al evaluar la actividad de los selladores contra levaduras, se observó que Y1A y TS no mostraron actividad (8-16 mm) contra ellas; Y1 e Y05 mostraron una actividad inhibitoria regular (17-22 mm); y Digluconato de clorhexidina al 0.5% y Gluconato de clorhexidina al 0.4%C mostraron una buena actividad (23-30 mm).
Los promedios de las zonas de inhibición obtenidos en los controles fueron los siguientes: 29 mm para el control positivo (buena actividad inhibitoria) y para la solución salina fisiológico 0 mm de inhibición (control negativo).
Considerando los valores sugeridos por Hernández et al. 1999, los selladores no mostraron actividad excelente para bacterias gramnegativas ni grampositivas.

Conclusiones
En el caso de las levaduras, se logró la clasificación de buena con los selladores con principio activó derivado de clorhexidina.
En general, los selladores mostraron una actividad regular contra los microorganismos evaluados. Los microorganismos con mayor frecuencia de resistencia fueron *K. pneumoniae, P. aeruginosa, S. dysgalactiae y S. uberis*.
La selección de selladores es esencial para el control de la mastitis bovina. La elección dependerá del estado del establo, así como de las bacterias infecciosas o ambientales que estén causando problemas en él. El costo de los productos también influye en la elección, por lo que es importante evaluar todos los factores y su relación costo-beneficio.

Agradecimientos
Agradecemos al MVZ. Israel Adair Cabrera Contreras por su colaboración en la obtención de los selladores.

Fuente financiadora
Recursos autogenerados del laboratorio de bacteriología del INIFAP SAI

Referencias bibliográfias
1. Bradley, A. J. (2002). Bovine mastitis: An evolving disease. *Veterinary Journal*, *164*(2), 116–128. https://doi.org/10.1053/tvjl.2002.0724
2. Cheng, W. N. S. G. H. (2020). Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *33*, 1699–1713.
3. Dego, O. K. (2013). Bovine Mastitis: Part I. In *Animal Reproduction in Veterinary Medicine pathogens* (Vol. 15, Issue 1, p. 13). https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics%0Ahttps://doi.org/10.32725/jab.2004.016
4. Dore, S., Ferrini, A. M., Appicciafuoco, B., Rosa, M., Sotgiu, G., Liciardi, M., Cannas, E. A., Dore, S., Ferrini, A. M., Appicciafuoco, B., Rosa, M., Sotgiu, G., Liciardi, M., Agnese, E., & Efficacy, C. (2019). Efficacy of a terpinen-4-ol based dipping for post- milking teat disinfection in the prevention of mastitis in dairy sheep. *Journal of Essential Oil Research*, *31*(1), 19–26. https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1523069
5. Hogeveen, H., Huijps, K., & Lam, T. J. G. M. (2011). Economic aspects of mastitis: New developments. *New Zealand Veterinary Journal*, *59*(1), 16–23. https://doi.org/10.1080/00480169.2011.547165

FRECUENCIA E IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE *EIMERIA* EN CAPRINOS LOCALIZADOS EN DOS MUNICIPIOS DE QUERÉTARO.

Edith Valeria Piña-Núñez[1], Roberto Ilwikatzin Guerrero-Solorio[1], Germinal Jorge Cantó-Alarcón[1], Marina Durán-Aguilar[1], Nerina Patricia Veyna-Salazar[1*],

[1]Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.

*Autor para correspondencia: nerina.veyna@uaq.mx

Palabras clave. *Eimeria*, cabras, salud.

Introducción

México es el onceavo país en importancia de ganado caprino, la crianza de estos animales se ha convertido en una necesidad para pequeños productores de escasos recursos debido a que son capaces de reproducirse en condiciones pobres de vegetación, y son capaces de alimentarse con vegetación espinosa, lo que hace ideal su pastoreo libre. Un obstáculo para los productores son los parásitos que el animal puede adquirir, entre ellos *Eimeria*, que no solo va a causar diarreas, debilidad, baja conversión alimenticia, causando pérdidas económicas e incluso la muerte del animal dependiendo de la especie que se encuentra presente.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en 6 unidades de producción caprina, provenientes de dos municipios del estado de Querétaro, la ciudad de Huimilpan y el Marqués, ubicadas en el centro de México. Se obtuvieron 117. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de parasitología de la Universidad Autónoma de Querétaro para su posterior análisis coproparasitoscópico. Una vez realizado dicho análisis mediante una técnica de flotación por Mc master para realizar su conteo, las muestras que presentaron mayor cantidad de huevos fueron sometidas a una flotación por sulfato de zinc para poder determinar las especies presentes.

Para la identificación de especies se trabajó con el software IScapture profesional image acquisition versión 3.6.8. Con ayuda de un microscopio con cámara conectado a la computadora se comenzaron a tomar las fotografías de los oocistos, midiendo cada uno y tomando en cuenta las características que presentaron, como tamaño, presencia o ausencia de capsula polar, micropilo y forma (Eckert, 1995).

Resultados y discusión

De un total de 117 muestras analizadas por medio de la técnica de Mc Master, se obtuvo una frecuencia general del 64%, estos resultados son similares a los reportados en países como Senegal (59.6%) y Jordiana (54%) (Abo-Shehada & Abo-Farieha, 2003). Además de coincidir con los resultados obtenidos en Nuevo León y Guanajuato del 60.29% y 60.1% respectivamente, esto último puede deberse a que en estos lugares predomina un clima templado semiárido o seco.

En cuanto a unidades de producción se obtuvo la siguiente distribución; unidad 1, 7 animales; unidad 2, 15 animales; unidad 3, 28 animales; unidad 4, 15 animales; unidad 5, 19 animales; unidad 6, 33 animales **(Cuadro 1)**

Cuadro 1. Comparación de la frecuencia de *Eimeria spp.*, promedio de oocistos y número de animales por unidad de producción

Unidad	Animales	Positivos	x̄ de oocistos	Frecuencia por unidad
1	7	7	6342	100%
2	15	15	14266	100%

3	28	13	253	46%
4	15	8	325	53%
5	19	16	3206	84%
6	33	17	152	51%

Diez especies de *Eimeria* se identificaron en el presente estudio, esto con base a los criterios morfológicos establecidos por (Eckert et al., 1995) como forma y tamaño. De las diez especies identificadas 4 presentaron capsula polar (Figura 1) que correspondieron a: *E. hirci, E. arloingi, E. jolchijevi y E. christenseni.*

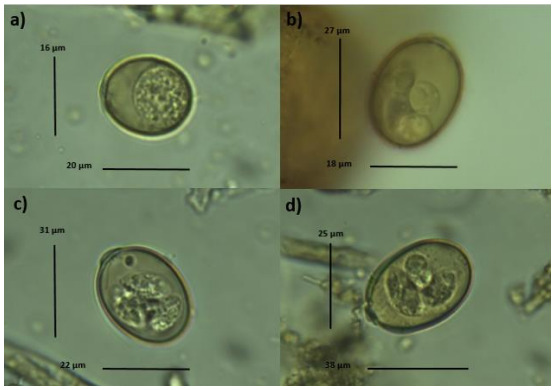


Figura 1: Especies de *Eimeria* con capsula polar. a) *E. hirci,* b) *E. arloingi,* c) *E. jolchijevi* d) *E. christenseni.*

Y 6 presentaron ausencia de capsula polar **(Figura 2)** que corresponden a: *E. alijevi, E. ninakohlyakimovae, E. aspheronica, E. caprina, E. caprovina y E. kocharli.*

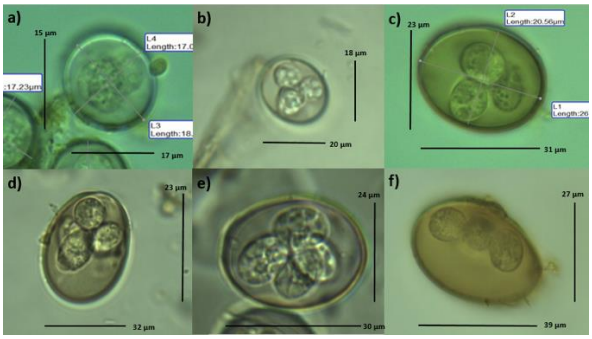


Figura 2: Especies de *Eimeria* sin capsula polar. a) *E. alijevi,* b) *E. ninakohlyakimovae,* c) *E. aspheronica,* d) *E. caprina,* e) *E. caprovina,* f) *E. kocharli.*

La relación de las especies identificadas fue la siguiente: *E. alijevi 21%, E. arloingi 19%, E. ninakohlyakimovae* 18.3%, *E. jolchijevi 14.5%, E. caprina 8.3%, E. caprovina 8.1%, E. hirci 3.3%, E. christenseni 3.2%, E. aspheronica 2.1% y E. kocharli 0.5%* (Cuadro 2). Estos resultados no coinciden en su totalidad con lo publicado a nivel mundial en donde *E. arloingi* es la especie que se presenta con mayor frecuencia. En México se han reportado 9 especies de *Eimeria*, sin embargo, no se encuentran registros de la especie *E. kocharli*, observada en este estudio. (Cantú-Martínez et al., 2022).El hecho de que las especies *E. arloingi y E. ninakohlyakimovae* tuvieran altas frecuencias eleva la preocupación ya que estas especies se encuentran estrechamente relacionadas a la enfermedad clínica considerándose patógenas, produciendo diarreas, letargia y eventualmente la muerte del animal, principalmente los cabritos (Diao et al., 2022).

En cuanto a la presencia de especies por unidad de producción la unidad 1 y la unidad 6 **(Cuadro 2)** presentaron la mayor cantidad de especies, esto puede deberse a que ambas unidades comparten el mismo sistema de producción semi estabulado, contrario a las otras unidades de producción en donde manejan un sistema extensivo en donde los pequeños productores comparten tierras ejidales para el pastoreo de sus animales.

Cuadro 2. Distribución de Frecuencia de especies de *Eimeria* por unidad de producción.

Especie	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5	Unidad 6	(Fx)%
E. alijevi	X				x	x	21%
E. ninakohlyakimovae	X	X	x		x	x	18.3%
E. hirci	X	X		x		x	3.7%
E. arloingi	X		x	x	x	x	19.4%
E. jolchijevi	X	X	x	x	x	x	14.5%
E. christenseni	X				x	x	3.2%
E. aspheronica	X			x		x	2.1%
E. caprina	X	X	x	x	x	x	8.6%
E. caprovina	X				x	x	8.1%
E. kocharli	X						0.5%

Conclusiones

La frecuencia de *Eimeria* en caprinos localizados en Querétaro fue del 64%, un resultado por debajo de lo que se ha observado a nivel mundial. Esto significa que las condiciones climáticas de cada lugar influyen de forma importante en el desarrollo del protozoario. Las unidades con un sistema extensivo presentaron una

Referencias bibliográficas

1. Eckert, J., Braun, R., Shirley, M., & Coudert, P. (1995). BIOTECHNOLOGY Guidelines on techniques in coccidiosis research.
2. Abo-Shehada, M. N., & Abo-Farieha, H. A. (2003). Prevalence of Eimeria species among goats in northern Jordan. Small Ruminant Research, 49(2), 109–113.
3. Diao, N. C., Zhao, B., Chen, Y., Wang, Q., Chen, Z. Y., Yang, Y., Sun, Y. H., Shi, J. F., Li, J. M., Shi, K., Gong, Q. L., & Du, R. (2022). Prevalence of Eimeria Spp. Among Goats in China: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Cellular and*
4. Cantú-Martínez, M. A., González-Sáenz, I. S., Berto, B. P., Ávila, D. E. Z., Ramírez, R. Á., Cisneros, K. W. V., Aguilar, F. M., & Zarate-Ramos, J. J. (2022). Identificación de especies de Eimeria presentes en caprinos (Capra aegagrus hircus) en Nuevo

ACTIVIDAD ANTIHELMÍNTICA DE *Melia azedarach* SOBRE NEMATODOS DE CAPRINOS.

Maximiliano Escorza-Olvera[1], Juan José Hernández-Ruiz, Daniel Melo-Guzmán[1], Deyanira Ojeda-Ramírez[1], Adrián Zaragoza-Bastida[1], Nallely Rivero-Perez[1*]

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias

*Autor para correspondencia nallely_rivero@uaeh.edu.mx

Palabras Clave *Melia Azedarach,* NGI, extracto hidroalcohólico.

Introducción

Los nematodos gastrointestinales en caprinos representan un desafío significativo para la ganadería, ya que pueden causar lesiones graves en los animales infectados, lo que se traduce en importantes pérdidas económicas para los productores (Beltrão Molento et al., 2011).

El uso de fármacos antihelmínticos es una herramienta eficaz, sin embargo, existe un aumento en las poblaciones de Nematodos gastrintestinales (NGI) resistentes a estos productos, (Beltrão Molento et al., 2011) especialmente con los pequeños rumiantes en los que se han registrado casos de resistencia simultánea a dos o a varios antihelmínticos. (Anziani et al., 2015). Los extractos de plantas han sido utilizados durante siglos como una alternativa natural para el control de parásitos. Y existe evidencia de los efectos antiparasitarios de plantas de diversas familias, contra los nematodos gastrointestinales (Athanasiadou y Kyriazakis 2004).

Una de las plantas que ha mostrado potencial en investigaciones previas es *Maelia azedarach*, también conocida como árbol paraíso. Esta planta, originaria de regiones de Asia y extendida en diversas partes del mundo, ha sido utilizada tradicionalmente en la medicina popular debido a sus efectos antiparasitarios, antiinflamatorios y antimicrobianos. (Burks, 1997).

Aunque existen estudios sobre el uso de diferentes especies vegetales para el control de nematodos en animales, los estudios sobre *Maelia azedarach* en este contexto son limitados. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la actividad antihelmíntica de *Maelia azedarach* sobre NGI de caprinos, en un esfuerzo por explorar nuevas alternativas terapéuticas para el control de parásitos gastrointestinales en esta especie.

Materiales y métodos

Se obtuvieron muestras de heces en una producción caprina ubicada en el municipio de Pachuquilla, Hidalgo, México (20.0707017, -98.6960572). Se realizó la extracción de materia fecal de todos los ejemplares, y fueron remitidas refrigeradas a 4°C al laboratorio de bacteriología de la UAEH para realizar el recuento de los huevos de NGI.

Los frutos de *Melia azedarach* fueron recolectados, en el municipio de Santiago Tulantepec, Hidalgo, México (20.0409041, -98.3553951) y secados a temperatura ambiente. Posteriormente, se trituraron y pesaron 250 g de material seco que se colocó en un matraz de vidrio junto con 1 litro de una solución hidroalcohólica (etanol al 30% en agua destilada). La mezcla se dejó reposar en un ambiente oscuro a temperatura ambiente, con agitación manual dos veces al día. Después de 4 días de maceración, el extracto fue filtrado con el objetivo de separar la fracción sólida de la líquida. Posteriormente, el filtrado fue concentrado mediante un sistema de roto evaporación con el fin de eliminar el solvente y concentrar los metabolitos secundarios presentes (Rivero-Perez et al., 2019).

El extracto concentrado se reconstituyó en agua destilada estéril para obtener soluciones con concentraciones de 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.26, 3.12 y 1.56 mg/ml, las cuales fueron utilizadas en los ensayos de inhibición de la eclosión de huevos.

En una placa de 96 pozos, se distribuyeron 50 µl de una suspensión acuosa que contenía entre 150 y 200 huevos por pozo. A cada uno se le añadieron 50 µl del extracto vegetal a distintas concentraciones (200, 100, 50, 25, 12.5, 6.12, 3.12 y 1.56 mg/ml), obteniendo un volumen final de 100 µl por pozo. Como control positivo se empleó ivermectina a una concentración de 5 mg/ml, y tiabendazol a una concentración de 0.1 mg/ml mientras que el control negativo consistió en agua destilada estéril.

Las placas fueron incubadas durante 48 horas a 30 °C en una cámara húmeda. Al finalizar el periodo de incubación, se realizó la lectura de los resultados mediante la observación microscópica (objetivo 4×) de

10 alícuotas de 10 µl tomadas de cada pozo, cuantificándose el número de huevos viables y larvas de primer estadio (L1).
El porcentaje de inhibición de la eclosión fue calculado aplicando la siguiente fórmula:

$$\%inhibición\ de\ la\ eclosión = \frac{L1}{L1 + Huevo} * 100$$

Análisis estadístico: Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey a un nivel de confianza del 95% Para determinar las concentraciones efectivas 50 y 90, se utilizó el comando Probit, en el paquete estadístico SAS V9.0.

Resultados y discusión
De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de la inhibición de la eclosión de huevo, se observó que las concentraciones evaluadas de 200 a 100 mg/mL inhibieron 99.29, 99.21%, respectivamente. Para las concentraciones a partir de 6.25 mg/mL, el efecto de inhibición fue menor al 20 %, observándose porcentajes de inhibición de 16.43, 15.18, 11.59 y 9.54 %. De manera general, se presentó un comportamiento concentración-dependiente,

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de nematodos gastrointestinales con la aplicación de extractos hidroalcohólicos de Melia azedarach

Tratamiento (mg/ml)	%IEH ± d.e
Agua	9.54 ± 3.27^{e}
Ivermectina	100.00 ± 0.00 ^{a}
Tiabendazol 0.1	98.99 ± 2.01 ^{a}
Extractos hidroalcohólicos de *Melia azedarach*	
MEL 200	99.29 ± 0.59^{a}
MEL 100	99.21 ± 1.22^{a}
MEL 50	74.75 ± 1.97^{b}
MEL 25	33.03 ± 6.53^{c}
MEL 12.5	21.89 ± 5.04^{de}
MEL 6.25	16.43 ± 3.18^{de}
MEL 3.12	15.19 ± 1.52^{de}
MEL 1.56	11.59 ± 3.29^{e}
Valor de P	0.0001

Notas: Media ± desviación estándar. Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (p ≤ 0.05). MEL: *Melia azedarach*.

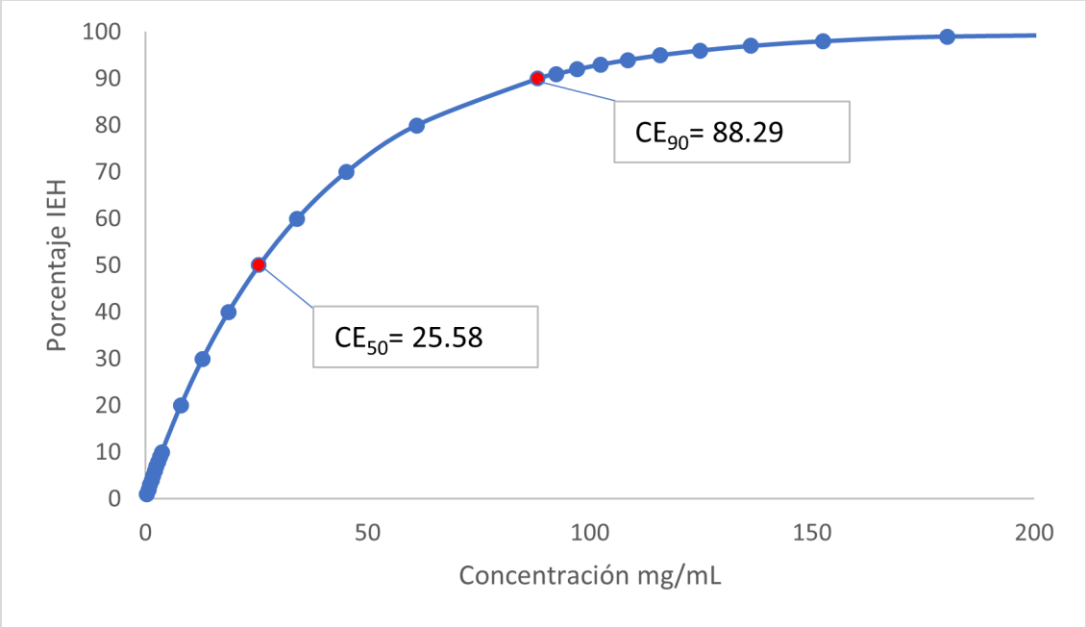


Figura 1. Concentraciones efectivas 50 y 90 requeridas para inhibir la eclosión de huevos denematodos gastrointestinales expuestos Extractos hidroalcohólicos de *Melia azedarach*

Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Cala et al. (2012), quienes también observaron una fuerte actividad ovicida del extracto hexánico de frutos de *M. azedarach* contra *Haemonchus contortus*, con una concentración letal media (LC_{50}) de 572.2 µg/mL en la prueba de eclosión de huevos. Aunque en el presente estudio se empleó un extracto hidroalcohólico, las similitudes en la eficacia sugieren que diversos solventes pueden extraer compuestos activos con diferente potencial antiparasitario.

Conclusiones

*Melia azedarac*h presenta un efecto inhibiendo la eclosión de huevos NGI, comparable a antiparasitarios comerciales, a concentraciones de 200 y 100mg/ml. Esto la hace una buena candidata para desarrollar productos naturales antihelmínticos, sin embargo, se requerirán estudios en vivo.

Agradecimientos y/o fuente financiadora

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente proyecto de investigación. El proyecto se realizó con recursos propios.

Referencias bibliográficas

1. Burks, K. C. (1997). Melia azedarach. Fact sheet prepared by the Bureau of Aquatic Plant Management. *Tallahasse: Department of Environmental Protection, State of Florida*.
2. Zaragoza-Bastida, Adrián, Rodríguez-Salazar, Eduardo, Valladares-Carranza, Benjamín, Rivas-Jacobo, Marco, Herrera-Corredor, Alejandra, & Rivero-Perez, Nallely. (2019). Cassia fistula como tratamiento alternativo contra nematodos gastrointestinales de ovino. *Abanico veterinario*, *9*, e92. Epub 05 de marzo de 2021.https://doi.org/10.21929/abavet2019.92

IDENTIFICACIÓN DE Ureaplasma diversum Y Mycoplasma bovigenitalium EN VACAS LECHERAS.

Ana Victoria Zermeño-Granados[1], Laura Jaramillo-Meza[2], Fernando Díaz-Otero[2], Luis Galicia-López[3], Ana Silvia González-Méndez[2], Laura Hernández-Andrade[2], Anabelle Manzo-Sandoval[2]*.

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. [2]CENID-SAI, INIFAP. [3]Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

*Autor para correspondencia: manzo.anabelle@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Ureaplasma diversum*, *Mycoplasma bovigenitalium*, PCR.

Introducción

Dentro de la clase *Mollicutes* se encuentran dos géneros bacterianos que infectan a los bovinos: *Mycoplasma* y *Ureaplasma*, estos se caracterizan por su pequeño tamaño, ya que miden entre 0.2 – 0.3 µm, no poseen pared celular, tienen una membrana celular trilaminar, ribosomas y un ADN circular de doble cadena. Su genoma también es pequeño, va de 577 a 1350 kilopares de bases (Kbp); debido a esto, han perdido algunas rutas metabólicas, por lo que se requieren medios de cultivo complejos que contengan aminoácidos, nucleótidos y esteroles para su aislamiento, en el caso de *Ureaplasma*, requiere urea para su desarrollo. Otro aspecto importante, es que estos microrganismos son de lento crecimiento, las colonias pueden tomar de una a tres semanas para desarrollarse y son muy pequeñas. *Mycoplasma bovis, Mycoplasma bovigenitalium* y *Ureaplasma diversum* son especies asociadas con enfermedades reproductivas (abortos, mastitis, vulvovaginitis granular, metritis e infertilidad) en el ganado bovino; sin embargo, debido a las limitaciones que existen para su cultivo e identificación, existe poca información sobre su presencia en ganado mexicano con problemas reproductivos. Por lo antes mencionado, el objetivo de este trabajo fue identificar mediante una PCR múltiple a *M. bovis, M. bovigenitalium* y *U. diversum* en muestras de hisopado vaginal de vacas con antecedentes de aborto e infertilidad.

Materiales y métodos

Se realizó un muestreo por conveniencia en establos de la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo donde se detectaron algunas vacas con problemas de aborto e infertilidad. Previo a la toma de muestra, se limpió la zona vulvar del animal con agua y se secó con papel absorbente. Se abrieron los labios mayores e introdujo un hisopo estéril en la cavidad vaginal, se friccionó la mucosa y al terminar, el hisopo se colocó en un tubo que contenía 2 mL de amortiguador fosfato salino (PBS) estéril. Las muestras se conservaron a 4 °C hasta su llegada al laboratorio. A partir del PBS que contenía la muestra, se hizo la extracción de ADN por el método de ebullición; para ello, 1 mL se centrifugó a 8000 *g* durante 10 min, el sedimento se lavó dos veces con PBS estéril, luego resuspendió en 50 µL de agua bidestilada estéril, se hirvió en bloque seco a 100 °C durante 10 min y se centrifugó a 12.000 *g* por 2 min. El sobrenadante se transfirió a un tubo estéril libre de nucleasas y se conservó a -20 °C hasta su procesamiento. La identificación de *M. bovis, M. bovigenitalium* y *U. diversum* se realizó mediante una PCR múltiple, en esta se utilizaron iniciadores diseñados por el grupo de trabajo para amplificar un fragmento de 429 pb del gen *uvrC* de *M. bovis*, una secuencia de 141 pb del espacio intergénico 16S-23S del rRNA de *M. bovigenitalium* y una región de 294 pb del espacio intergénico 16S-23S del rRNA, de *U. diversum*. Se prepararon reacciones de amplificación con un volumen de 15 µL las cuales contenían 3 µL de Taq master mix 2X, 0.25 µL de cada iniciador al 10 pmol, 5.5 µL de agua libre de nucleasas y 5 µL de ADN. La amplificación se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones: 5 min a 95 °C, 35 ciclos de 30 s a 95 °C, 30 s a 61.5 °C, 1 min a 72 °C y una extensión final de 5 min a 72 °C. Los productos amplificados fueron separados por electroforesis en gel de agarosa al 1.5% (al cual previamente se agregó Midori Green) aplicando un voltaje de 100 V durante 60 min, posteriormente el gel se visualizó en un transiluminador. Las muestras positivas fueron verificadas mediante la secuenciación de los productos de PCR. Para ello, una vez purificados y cuantificados, los amplicones y los iniciadores específicos fueron enviados a la Unidad de Síntesis y Secuenciación de DNA del Instituto de Biotecnología de la UNAM. Una vez obtenidas las secuencias, estas fueron analizadas con el programa Geneious.

Resultados y discusión

Se recolectaron muestras en 3 establos productores de ganado lechero, obteniéndose un total de 47 muestras de las cuales, 18 correspondieron a vacas con historial de aborto y 29 a vacas con problemas de

infertilidad. Con la aplicación de la PCR múltiple (figura 1), 36 muestras resultaron positivas (76.6%), se identificó solo a *M. bovigenitalium* en 23 de ellas (63.8%) y en los 3 establos; siendo así, la especie encontrada con mayor frecuencia. Mientras que 4 de las muestras obtenidas en los establos 1 y 3, resultaron positivas únicamente a *U. diversum* (11.1%) (Cuadro 1). Es importante destacar que se detectó co-infección por las especies antes mencionadas en 9 muestras (2.7%), 5 de vacas con problemas de infertilidad y 2 de vacas que tuvieron abortos, pertenecientes al establo 1; así como en 2 muestras de vacas con antecedentes de abortos originarias del establo 3. Respecto a *M. bovis*, ninguna muestra fue positiva a este microorganismo. Dado que se utilizó la secuenciación para verificar la identidad de los amplificados obtenidos a partir de las muestras positivas, se demostró la especificidad de esta PCR múltiple.

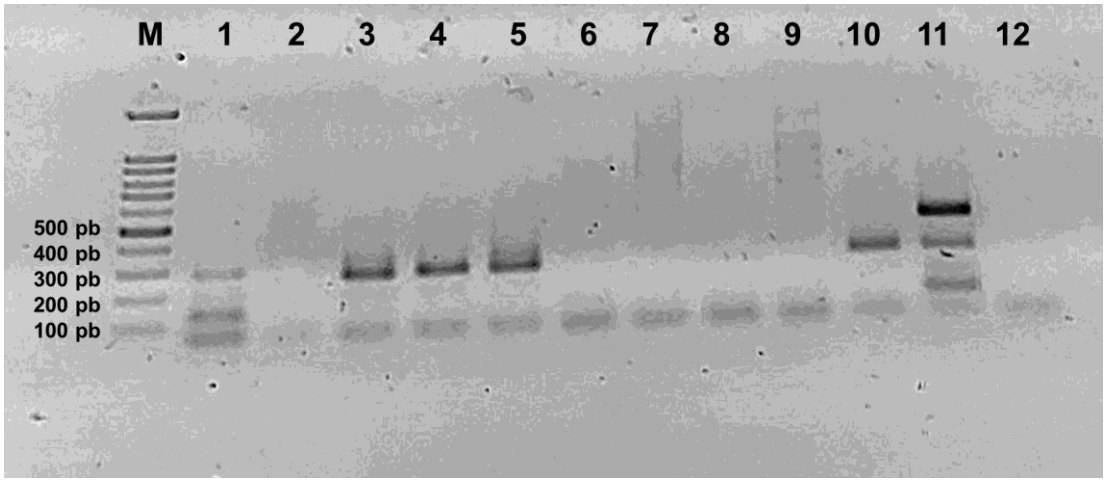


Figura 1. Amplificación del espacio intergénico 16S-23S del rRNA de *M. bovigenitalium* y de *U. diversum*. M: marcador de peso molecular, carriles 1 a 10: muestras de hisopado vaginal de vacas con trastornos reproductivos, carril 11: control positivo de *M. bovis* (429 pb), *U. diversum* (294 pb) y *M. bovigenitalium* (141 pb), carril 12: control negativo.

Cuadro 1. Número de muestras positivas a *M. bovigenitalium* y *U. diversum.*

Establo	Historia clínica	Cantidad de muestras analizadas	Cantidad de muestras positivas a cada especie
1	Aborto	4	3/4 *M. bovigenitalium* 2/4 *U. diversum*
	Infertilidad	18	13/18 *M. bovigenitalium* 8/18 *U. diversum*
2	Aborto	4	3/4 *M. bovigenitalium* 0/4 *U. diversum*
	Infertilidad	7	5/7 *M. bovigenitalium* 0/7 *U. diversum*
3	Aborto	10	8/10 *M. bovigenitalium* 3/10 *U. diversum*
	Infertilidad	4	2/4 *M. bovigenitalium* 2/4 *U. diversum*

En este estudio se identificó a *M. bovigenitalium* y a *U. diversum* mediante una PCR múltiple a partir de hisopados vaginales de vacas ubicadas en 3 establos de la cuenca lechera de Tizayuca, Hidalgo. Aunque los animales muestreados han recibido vacunas contra los principales agentes bacterianos y virales causantes de problemas reproductivos, no podemos descartar que alguno de ellos sea el agente etiológico de estos trastornos. Tampoco es posible confirmar que *M. bovigenitalium* y a *U. diversum* son los causantes de abortos e infertilidad en los animales muestreados, pero por el solo hecho de su presencia, deberían considerarse en el diagnóstico diferencial de estas patologías.

M. bovigenitalium se encontró en todos los establos muestreados y en mayor frecuencia. Esta especie ha sido reportada como un comensal del ganado bovino por lo que su papel en enfermedades reproductivas no está claro, se ha asociado con vulvovaginitis y mastitis en vacas; así como a epididimitis, orquitis, uretritis y vesiculitis seminal en toros, además de neumonía y artritis. Se ha informado de su presencia en Reino Unido, Israel, Estados Unidos de América, Brasil y Argentina.

En 2 establos fue identificado *U. diversum,* esta bacteria se asocia con infertilidad en vacas, placentitis, aborto y el nacimiento de terneros débiles por lo que debería considerarse en el diagnóstico diferencial de infecciones causadas por *Campylobacter* spp., *Trichomonas* y *Herpesvirus* bovino tipo 1. En Australia, Egipto, Brasil y Argentina se ha reportado como causante de vulvovaginitis granular en vacas y terneras.

Finalmente, la ausencia de *M. bovis* en las muestras es un hallazgo relevante, dado que, a nivel mundial, es la especie de *Mycoplasma* asociada con mayor frecuencia como causante de trastornos reproductivos como mastitis y endometritis; además de neumonía, otitis, artritis y queratoconjuntivitis.

El uso de esta PCR múltiple para la detección de micoplasmas *y U. diversum* fue de gran ayuda, debido a que se obtuvieron resultados en menor tiempo y fue más económica, en comparación con el aislamiento.

Con base en los datos reportados en este estudio, se sugiere el uso de pruebas moleculares como la PCR propuesta en este trabajo, para que sean aplicadas en los laboratorios veterinarios y mejorar el diagnóstico de trastornos reproductivos en bovinos.

Conclusiones

La PCR múltiple desarrollada por el grupo de trabajo demostró ser específica para detectar a los patógenos *M. bovigenitalium* y *U. diversum* en muestras de hisopado vaginal de vacas con antecedentes de problemas reproductivos.

A pesar de que no fue posible confirmar que *M. bovigenitalium* y *U. diversum* son los agentes etilógicos de abortos e infertilidad en los animales analizados, es importante considerarlos en el diagnóstico diferencial de estas patologías.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el INIFAP a través del proyecto fiscal No. 11301936037 “Desarrollo y validación de una PCR multiplex para la detección de *Mollicutes* causantes de problemas reproductivos en bovinos”.

Referencias bibliográficas

1. Hazelton, M. S., Morton, J. M., Parker, A. M., Bosward, K. L., Sheehy, P. A., Dwyer, C. J., Niven, P. G., & House, J. K. (2020). Mycoplasma bovis and other Mollicutes in replacement dairy heifers from Mycoplasma bovis-infected and uninfected herds: A 2-year longitudinal study. *Journal of dairy science*, *103*(12), 11844–11856. https://doi.org/10.3168/jds.2020-18921
2. Macedo, A., Oliveira, J. M. B. d., Silva, B., Borges, J., Soares, L. B. F., Silva, G., … & Pinheiro-Júnior, J. (2018). Occurrence of mycoplasma bovigenitalium and ureaplasma diversum in dairy cattle from to pernambuco state, brazil. Arquivo Brasileiro De Medicina Veterinária E Zootecnia, 70(6), 1798-1806. https://doi.org/10.1590/1678-4162-10132
3. Oksay, B. & Diker, K. S. (2023). Molecular Diagnosis of Bovine Genital Mycoplasmopsis and Ureaplasma Infections by PCR. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 12(1): 21-26, https://doi.org/10.31196/huvfd.1194267.
4. Parker, A. M., Sheehy, P. A., Hazelton, M. S., Bosward, K. L., & House, J. K. (2018). A review of mycoplasma diagnostics in cattle. *Journal of veterinary internal medicine*, *32*(3), 1241–1252. https://doi.org/10.1111/jvim.15135
5. Santos Junior, M. N., de Macêdo Neres, N. S., Campos, G. B., Bastos, B. L., Timenetsky, J., & Marques, L. M. (2021). A Review of *Ureaplasma diversum*: A Representative of the *Mollicute* Class Associated With Reproductive and Respiratory Disorders in Cattle. *Frontiers in veterinary science*, *8*, 572171. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.572171

PREVALENCIA DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES EN CABRAS EN DIFERENTES REGIONES DEL ESTADO DE HIDALGO.

Juan José Hernández-Ruiz[1], Adrián Zaragoza-Bastida[1], Armando Peláez-Acero[1], Gabino Misael López-Rodriguez[1], Daniel Melo Guzmán[1], Nallely Rivero-Pérez[1*]

[1]Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.,

*Autor para correspondencia: nallely_rivero@uaeh.edu.mx

Palabras clave: nematodos gastrointestinales, prevalencia, cabras.

Introducción

Los sistemas de producción de pequeños rumiantes como ovejas y cabras representan un importante recurso productivo. Sus principales productos son leche, carne y lana. En México, la mayor parte del inventario de cabras se ubica en zonas áridas, que cubren más del 50% de la superficie del país y más de la mitad de la vegetación es matorral xerófilo. (Chávez-Espinoza et al., 2021).

En el Estado de Hidalgo se producen caprinos en sistemas semi-intensivos (agostadero más esquilmos agrícolas), para la producción de carne. La genética utilizada es prácticamente la criolla y en baja proporción el encaste con razas como la Nubia, Saanen, Alpina, Granadina y Boer. Las actividades encaminadas a la prevención, protección y tratamiento de las enfermedades son casi nulas, existe un alto desconocimiento del productor sobre las medidas básicas de manejo del rebaño caprino (SADER, 2005).

Existen diversas formas de catalogar las enfermedades que afectan a los animales, esto incluye causas infecciosas y no infecciosas. Dentro de las infecciosas se incluyen agentes virales, bacterianos, fúngicos y parasitarios. (Benavides, 2009). El parasitismo en ovejas y cabras es uno de los problemas médicos más importantes, que afecta la salud y producción. Los parásitos internos son la causa más común de diarrea, pérdida de peso, anemia, mala producción, mala reproducción y salud general en los animales. Las pérdidas económicas para los productores de animales con parásitos internos no controlados pueden ser devastadoras. El parasitismo interno da como resultado una disminución en el crecimiento y en la producción de carne, leche y fibra, así como un aumento de los costos de producción (por ejemplo, el costo de la mano de obra y los medicamentos para el tratamiento). El uso inadecuado de productos químicos antiparasitarios exacerba aún más la posible gravedad del parasitismo de los rebaños. (Miller *et al*., 2012).

El objetivó del presente estudió fue determinar el nivel de infección por nematodos gastrointestinales en caprinos del Estado de Hidalgo, México.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio epidemiológico de tipo transversal en 8 unidades de producción caprina del estado de Hidalgo, durante los meses de enero y febrero del 2025, se calculó un tamaño de muestra de 207 animales para poblaciones desconocidas con un nivel de confianza del 95%, error del 5%, proporción del 95% y una proporción esperada a perdidas del 3% (Fernández, 2025). Se realizo un muestreo estratificado considerando cada unidad de producción como estrato.

Se tomaron muestras de heces directamente del recto de los animales y se colocaron en bolsas de plástico mismas que fueron conservaron en refrigeración a 4°C para su transporte hasta su procesamiento en un periodo máximo de 24 horas. Se identificaron los huevos de nematodos gastrointestinales por la técnica de flotación y sus características morfométricas, se cuantificaron los huevos por medio de la técnica de MacMaster, para comparar la cantidad de huevos por gramo de heces (HPG) con los parámetros establecidos por Harwood & Mueller, 2018., quienes establecieron que una infección con >2000 HPG, debe ser considerada como clínicamente relevante, subclínica cuando la cantidad de HPG es de 500-2000, sin relevancia clínica con 50-500 HPG y nula si no se contabilizan HPG

Resultados y discusión

Se determinó una tasa de prevalencia del 86% en los animales muestreados, los nematodos gastrointestinales identificados fueron *Haemonchus spp. Cooperia spp*., *Ostertagia spp., Estrongílidos, Trichuris spp., y Nematodirus spp.* (Figura 1). Sin embargo, solo el 3% de los caprinos presentó una

infección clínicamente relevante, el 15% una infección subclínica, el 68% una infección sin relevancia clínica y el 14% de los animales presentaron un nivel de infección nulo (0 HPG) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nivel de infección de acuerdo con la eliminación de huevo por gramo de heces (HPG).

Nivel de infección	Valores de referencia	Tasa de Prevalencia
Negativo	0	14%
Sin relevancia clínica	50-500	68%
Subclínico	500-2000	15%
Clínicamente relevante	> 2000	3%

Valores de referencia para caprinos obtenidos de Harwood & Mueller, 2018.



Figura 1. Huevos de nematodos gastrointestinales identificados en los caprinos muestreados

Al respeto López-Rodríguez en 2023 identificó los genero de *Haemonchus* spp. y *Trichostrongylus* spp en el Municipio de Tepeapulco Hidalgo, México, coincidiendo únicamente en *Haemonchus* spp como el nematodo más prevalente, así mimo reportó una tasa de prevalencia de 100% y un porcentaje de eliminación de HPG mayor a 1200 en el 50% de los caprinos, entre 800 a 1200 un 20% y el 30% entre 50 y 800 HPG, porcentajes superiores a los reportados en el presente estudio en los niveles de infección subclínica y clínicamente relevante, lo anterior podría estar relacionado con la época del año de muestreo, la precipitación pluvial, temperatura, humedad, manejo por parte de los diferentes productores y características individuales de las cabras como comportamiento más selectivo al pastoreo y expresión genética de las cabras a las parasitosis.

Conclusiones

Se determinó una tasa de prevalencia del 86% en los animales muestreados, los genero identificados fueron *Haemonchus spp. Cooperia spp*., *Ostertagia spp., Estrongílidos, Trichuris spp., y Nematodirus spp*, el 3% de los caprinos presentó una infección clínicamente relevante, el 15% una infección subclínica, el 68% una infección sin relevancia clínica y el 14% de los animales presentaron un nivel de infecc. Los resultados obtenidos evidencian la importancia del monitoreo por análisis coproparasitoscópico, así como de la desparasitación selectiva con medicina basada en evidencias; tomando en cuenta condición corporal y con ayuda de herramientas como FAMACHA y pruebas de sensibilidad a antihelmínticos previa a la administración de algún tratamiento.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A los productores de caprinos participantes, por las facilidades para realizar el presente proyecto de investigación.

Fuente financiadora
Recursos Propios

Referencias bibliográficas

1. Miller, J. E., Kaplan, R. M., & Pugh, D. G. (2012) Chapter 6. Internal Parasites. En Sheep and Goat Medicine Second Edition (pp 106 – 109). Maryland Heights, Missouri, U.S.A.: ELSEVIER.
2. Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. Revista MVZ Córdoba, 27(1). http://dx.doi.org/https://doi.org/10.21897/rmvz.2246
3. Guía: Medidas de frecuencia de enfermedad - Fisterra. (2025). https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/medidas-frecuencia-enfermedad/
4. Harwood, D., & Mueller, K. (2018). Goat Medicine and Surgery. En CRC Press eBooks. https://doi.org/10.4324/9781315152233
5. López-Rodríguez, G., Zaragoza-Bastida, A., Reyes-Guerrero, D. E., Olmedo-Juárez, A., Valladares-Carranza, B., Vega-Castillo, L. F., & Rivero-Perez, N. (2023). Coffee Pulp: A Natural Alternative for Control of Resistant Nematodes in Small Ruminants. Pathogens (Basel, Switzerland), 12(1), 124. https://doi.org/10.3390/pathogens12010124

POTENCIAL LARVICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Lippia graveolens* SOBRE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE CAPRINO.

Carla Carmona-Zuñiga[1], Daniel Melo-Guzmán[1], Juan José Hernández-Ruiz[1], Armando Peláez-Acero[1], Adrian Zaragoza-Bastida[1], Nallely Rivero-Perez[1]*.

[1]Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

*Autor para correspondencia: nallely_rivero@uaeh.edu.mx

Palabras clave: *Lippia graveolens,* Nematodos gastrointestinales*,* mortalidad larvaria.

Introducción

Las infecciones por nematodos gastrointestinales son una de las principales limitantes en la producción caprina, especialmente en regiones con recursos limitados. El uso continuo de antihelmínticos sintéticos ha favorecido la aparición de cepas resistentes, reduciendo la eficacia de los tratamientos convencionales e impulsado la búsqueda de alternativas terapéuticas más sostenibles (Kaplan & Vidyashankar, 2012). En este contexto, el estudio y uso de alternativas herbales representan una opción prometedora dentro de la medicina veterinaria.

Lippia graveolens (orégano mexicano), perteneciente a la familia *Verbenaceae*, es una planta aromática nativa de América, tradicionalmente utilizada en la medicina popular por sus efectos antimicrobianos y antiinflamatorios; algunos estudios han identificado en sus aceites esenciales compuestos como el carvacrol y el timol, los cuales están asociados con su potencial actividad antihelmíntica. (Zaldívar, Victoriano, Pérez, González, & Martínez, 2023)

No obstante, se requiere evidencia experimental que respalde su eficacia frente a parásitos que afectan a animales de interés zootécnico. Es por ello, que el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad antihelmíntica del aceite esencial de *Lippia graveolens* sobre larvas de NGI obtenidas de caprino.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio experimental y cuantitativo para evaluar la actividad antihelmíntica del aceite esencial de *Lippia graveolens* frente a larvas de NGI de caprino. Se colectó la parte aérea de *Lippia graveolens* en Ixmiquilpan Hidalgo, México (20°28′42″N 99°13′01″O), el material vegetal fue llevado al Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, para secarlo a temperatura ambiente y a la sombra; una vez seco el material vegetal, se procedió con la obtención del aceite mediante destilación por arrastre de vapor siguiendo la metodología de (Felipe *et al.*, 2023), el cual fue almacenado a 4°C hasta su uso.

En el caso de las muestras fecales se recolectaron directamente del ano de 30 caprinos naturalmente infectados pertenecientes a una unidad de producción ubicada en el municipio de Epazoyucan, Hidalgo. Dichas muestras fueron trasportadas a temperatura de refrigeración al laboratorio de bacteriología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, para la identificación y cuantificación de huevos de nematodos gastrointestinales. Para realizar la prueba de mortalidad larvaria, las muestras de heces de ovinos con 1000 o más huevos por gramos de heces, fueron sometidas a aun coprocultivo por 21 días, pasado el periodo de incubación las larvas fueron recuperadas por la técnica de Bearmann, posteriormente se desenvainaron con hipoclorito de sodio al 3% para ser suspendidas en solución salina a una concentración estimada de 150 a 200 larvas en 50 µL.

Posteriormente en una placa de 96 pozos, 50 µL de la solución de larvas previamente ajustadas más 50 µL del aceite esencial de *Lippia graveolens* al 1%, 0.5%, 0.25%, 0.12%, 0.06%, 0.03% y 0.007%, se mezclaron, para la realización del bioensayo, utilizando como controles positivos Tiabendazol (0.1 mg/ml) e ivermectina (5 mg/mL) y como control negativo, agua destilada. Posteriormente la placa se incubo durante 48 horas a 30°C. La mortalidad larvaria se evaluó mediante observación microscópica, considerando larvas muertas y larvas muertas, utilizando la siguiente formula:

$$\%\,de\,mortalidad = \frac{Larvas\,muertas * 100}{Larvas\,totales}$$

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey a un nivel de confianza del 95% utilizando el paquete estadístico Minitab18. Además, se realizó un análisis PROBIT para estimar las concentraciones especificas □□ y □□.

Resultados y discusión

En la prueba de mortalidad larvaria con aceite esencial de *Lippia graveolens*, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (p= 0.0001), En el cuadro 1 se observa que los porcentajes 1%, 0.5% y 0.25% del aceite esencial de *Lippia graveolens*, presentan un porcentaje de mortalidad larvaria del 100%, sin mostrar diferencias estadísticas significativas con Ivermectina (98.02 %) y exhibiendo mejor efecto que Tialbendazol (69.53 %).

Cuadro 1. Porcentaje de mortalidad larvaria de nematodos gastrointestinales de caprino expuestas a aceite esencial de *Lippia graveolens*

Tratamientos	% Mortalidad ± D.E.
Agua destilada	12.39±4.58[e]
Tiabendazol (0.1 mg/mL)	69.53±0.52[b]
Ivermectina (5 mg/mL)	98.02±1.40[a]
Aceite Esencial de *Lippia graveolens* (%)	
1	100±0.00[a]
0.5	100±0.00[a]
0.25	100±0.00[a]
0.12	97.02±2.03[a]
0.06	59.34±3.76[c]
0.03	41.89±2.84[d]
Valor de P	0.0001

[a, b, c, d, e] Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia estadística significativas. D.E. Desviación estandar

El análisis PROBIT, permitió determinar que con solo 0.039 % del aceite esencial de *Lippia graveolens*, se alcanza la CE 50 (CL_{50}), y que con 0.095% se alcanza la CL_{90} (como se observa en la imagen 1). Estos valores reflejan una alta potencia del extracto, comparable con estudios similares sobre plantas con efecto antihelmíntico.

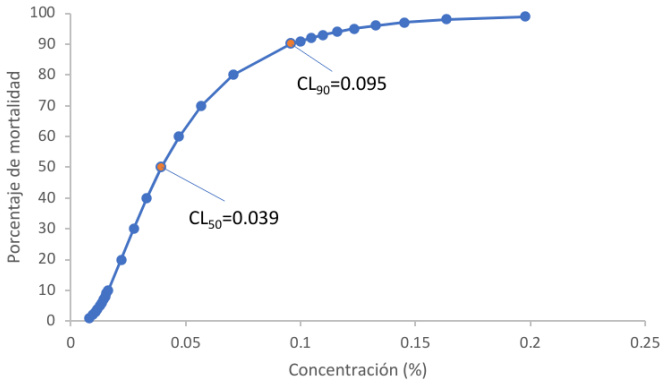


Imagen 1. Concentraciones efectivas □□ y □□ del aceite esencial de *Lippia graveolens* requeridas para inducir la mortalidad larvaria en nematodos gastrointestinales de caprinos.

Los hallazgos obtenidos refuerzan la evidencia del potencial antihelmíntico del aceite esencial de *Lippia graveolens.* La eficacia completa a concentraciones del 0.25% en adelante es comparable a ivermectina, uno de los antiparasitarios más potentes de uso veterinario. Este resultado es consistente con estudios previos que atribuyen la actividad antihelmíntica de *Lippia graveolens* a su contenido de carvacrol, timol y otros monoterpenos fenólicos, que actúan sobre la membrana celular de los parásitos, afectando su

permeabilidad, función mitocondrial y capacidad locomotora (Zaldívar, Victoriano, Pérez, González, & Martínez, 2023)

De manera específica, Olmedo-Juárez *et al.* (2019) reportaron actividad antihelmíntica del aceite esencial de *Lippia graveolens* sobre larvas L3 de *Haemonchus contortus,* alcanzando mortalidades similares a las observadas en el presente estudio, lo cual valida su efectividad. De igual forma, Camurça-Vasconcelos *et al.* (2008) demostraron que el aceite esencial de *Lippia sidoides,* otra especie del mismo género, logró reducir la carga parasitaria en ovinos infectados experimentalmente con *H. contortus,* mostrando resultados positivos en condiciones in vivo. Estos antecedentes confirman la eficacia del género *Lippia* como fuente de compuestos antihelmínticos para el control de NGI en caprinos.

Conclusiones

El aceite esencial de *Lippia graveolens* presenta efecto provocando la muerte de larvas de NGI de caprino infectados naturalmente, presentando el mismo efecto que ivermectina (control positivo) y mejor que Tialbendazol al 1, 0.5 y 0.25%, con una CL_{50} de 0.039% y una CL_{90} de 0.095%. Estos hallazgos demuestran que *Lippia graveolens* podría ser una alternativa potencial para integrarse en programas de control de helmintos en caprinos, particularmente en sistemas que buscan reducir el uso de antiparasitarios sintéticos y evitar la resistencia.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y al Instituto de Ciencias Agropecuarias por el apoyo para llevar a cabo el presente proyecto de investigación.

Referencias bibliográficas

1. Camurça-Vasconcelos, A. L. F., et al. (2008). Anthelmintic activity of essential oil of Lippia sidoides against Haemonchus contortus. *Veterinary Parasitology*, 151(1), 163–167. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2007.10.012
2. Felipe, A. Á., Randy, B. P., Nicole, F. G., Paula, G. C., & Luis, R. S. Aceites Esenciales. Semilleros de Investigación: Experiencias significativas en el contexto de la Educación Superior, 145. 2023.
3. Kaplan, R. M., & Vidyashankar, A. N. (2012). An inconvenient truth: Global worming and anthelmintic resistance. *Veterinary Parasitology*, 186(1-2), 70–78. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.11.048
4. Olmedo-Juárez, A., et al. (2019). In vitro nematicidal activity of Lippia graveolens essential oil against Haemonchus contortus larvae. *Veterinary Parasitology*, 267, 8–12. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.12.008
5. Zaldivar, G. V., Victoriano, L. G., Pérez, J. C., González, B. F., & Martínez, M. G. Obtención y evaluación de propiedades antioxidantes de extractos de orégano (Lippia graveolens), eucalipto (Eucalyptus cinerea) y chile jalapeño (Capsicum annuum cv.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 2023; 8(1), 319-325. https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.43

LEPTOSPIROSIS EN RANCHOS DEL ESTADO DE CHIHUAHUA,

Edith Rojas-Anaya E[1]*, Enrique Herrera Lopez[2], Sergio Iván Román-Ponce[1], Francisco Castillo-Rangel[2]

[1] Campo Experimental La Campana, INIFAP; [2] CENID-Salud Animal e Inocuidad INIFAP; [3] Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.

*Autor para correspondencia: edith_ra23@hotmail.com

Palabras clave: Leptospira, Chihuahua, bovinos carne

Introducción

Las vastas extensiones de agostaderos y las condiciones semiáridas de Chihuahua han favorecido históricamente la cría de ganado bovino, especialmente para la producción de carne y la exportación de becerros a los Estados Unidos. Así, la ganadería en el estado de Chihuahua representa un pilar para el inventario ganadero en el Norte de México fundamental para la economía regional, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) del sector primario, impactando en el desarrollo rural y la seguridad alimentaria. La dinámica del sector, el cambio climático, así como la sanidad hacen que el inventario estatal sea un desafío constante, por lo que es relevante mitigar los factores que más desfavorezcan la producción. Si bien informes preliminares y proyecciones apuntan a que el estado mantiene una de las poblaciones bovinas más grandes de México, el año 2024 se caracterizó como uno de los peores para la ganadería en Chihuahua debido a la sequía, lo que ha aumentado la mortalidad. Como referencia, en el Censo Agropecuario 2022 del INEGI, se registraron 2,033,533 cabezas de ganado bovino, sin embargo, este año el mismo puede verse muy desfavorecido ante los desafíos climáticos, factor que no es posible del todo prevenir. Sin embargo, otro desafío que puede afectar significativamente estos números es la presencia de las enfermedades infecciosas, mismas que representan una amenaza constante para la productividad ganadera, y la implementación de medidas de bioseguridad, higiene, control, vigilancia, diagnostico entre otras, si pueden ser manejadas. Existen una gran cantidad de agentes infecciosos que afectan al ganado bovino, entre ellos la leptospirosis. Esta enfermedad es causada por bacterias del género *Leptospira*, considerado como agente zoonótico de distribución mundial que provoca importantes pérdidas económicas en el ganado de carne. Las principales pérdidas derivadas de la infección por *Leptospira* incluyen: pérdidas reproductivas, disminución en la ganancia de peso, costos de manejo y tratamiento. En este contexto, se planteó como objetivo determinar la presencia de la bacteria Leptospira en muestras de suero de ganado bovino de diferentes razas y zonas geográficas del Estado de Chihuahua con la finalidad de estimar la prevalencia de la bacteria en los ranchos cooperantes.

Materiales y métodos

Se tomaron muestras de sangre para la obtención de suero de la vena caudal de bovinos hembra y machos. Las muestras sanguíneas se centrifugaron y se obtuvo el suero mismo que fue alicuotado en tubos de 0.2 ml y congelados a -20 °C. Se realizó un muestreo en unidades de producción cooperantes de los municipios de Chihuahua, Cusihuiriachi, Namiquipa y Madera. Además, se muestrearon por oportunidad novillos provenientes de los municipios de Chihuahua, Cuauhtémoc y Parral, ubicados en un Centro de Acopio.

Con la finalidad de determinar la prevalencia de la leptospirosis en los animales, las muestras de suero fueron enviadas al Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Salud Animal e Inocuidad del INIFAP. Para tal fin se utilizó la técnica de aglutinación microscópica (MAT) como prueba de referencia utilizando seis serovares de Leptospira más frecuentes en México (tres cepas de referencia: Pomona, Wolffi, Tarassovi y tres aislamientos nacionales: Hardjo (Inifap H-89), Icterohaemorrhagiae (Palo Alto) y Canicola (Portland vere). El criterio para asignar el título de anticuerpos a cada suero fue, el último título donde se observó una aglutinación mayor al 50%, los sueros con títulos de 1:50 se tomaron como negativos y el punto de corte para un suero positivo fue a partir de 1:100.

Resultados

La prevalencia de leptospirosis en ganado bovino en el centro y norte de México se ha mantenido alta, constituyendo una amenaza constante para la salud animal y la rentabilidad en las unidades de producción

ganaderas. Los estudios sugieren que las serovariedades *Hardjo*, *Wolffi*, *Pomona* y *Icterohaemorrhagiae* son las más comunes, y los factores de riesgo asociados a la presencia de la de esta bacteria están relacionados con el manejo, el ambiente y la interacción con animales silvestres, que ocurre con relativa frecuencia en el ambiente de producción extensiva en Chihuahua. En este estudio, se analizaron 155 muestras de las cuales se obtuvo una prevalencia del 78.06% para la serovar Wolffi, 5.16% para Tarassovi, 3.23% para serovar H-89, 67.74% para la serovar Palo Alto y 31.61% serovar Portland vere. De manera interesante, además se observó la presencia de más de un serovar en diferentes muestras; en el Cuadro 1 se muestra el porcentaje de muestras con asociación de más de un serovar en un animal.

Cuadro 1. Porcentaje de animales con la presencia de más de un serovar.

Presencia de serovares en muestras de bovinos	No. de animales	Frecuencia
Muestras negativas	19	12.26%
Positivos a una	25	16.13%
Positivos a dos	72	46.45%
Positivos a tres	34	21.94%
Positivos a cuatro	2	1.29%
Positivos a cinco	3	1.94%

Cabe mencionar que los bovinos muestreados para este estudio como se mencionó son de ambos sexos, de diferentes edades y razas, por lo que no fue posible realizar asociaciones de la presencia de alguno de los agentes con estos factores. Por otra parte, es de resaltar que en general los productores no notificaron vacunación u otras medidas de prevención o manejo específicas para la presencia de Leptospira a excepción de algunos individuos vacunados contra DVB y/o IBR. Las condiciones de producción detectadas permitieron identificar que básicamente la vigilancia está centrada a detectar tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*) y brucelosis bovina (*Brucella abortus*) por el estatus sanitario que conserva el Estado de Chihuahua para la exportación de becerros.

Discusión

La leptospirosis es una de las principales causas de abortos, mortinatos, nacimientos de becerros débiles y problemas de infertilidad en bovinos. Esto se traduce en una disminución de la tasa de natalidad y un menor número de animales disponibles para la comercialización (Betancur Hurtado et al., 2013; Orjuela et al., 2002).

En este contexto, es gran relevancia contar con información epidemiológica especifica de los ranchos en los que se pretende incrementar la productividad, por lo que realizar detecciones de otros agentes infecciosos, además de lo que requieren notificación derivado de las campañas oficiales, que ponen en vulnerabilidad la salud general de los animales es vital en las unidades de producción dado su impacto significativo en la producción de becerros.

La mayoría de los estudios reportan una alta seroprevalencia de leptospirosis en el ganado bovino tanto en el centro como en el norte de México. Estudios retrospectivos indican que la frecuencia serológica promedio en la región árida y semiárida ha sido del 37.8%, aunque esto puede ir hasta el 59%, comparable con lo observado en este estudio. Ahora bien, la presencia de leptospirosis está altamente asociada a factores de riesgo como el contacto con vida silvestre, el acceso a fuentes de agua contaminada (charcos, arroyos, etc), la introducción de nuevos animales sin cuarentena y el manejo deficiente de los residuos de orina en las unidades de producción. Especialmente los dos primeros factores de riesgo (contacto con vida silvestre, el acceso a fuentes de agua contaminada), son importantes en las condiciones de producción extensiva en el hato chihuahuense donde los animales se encuentran en pastizal la mayor parte del año, esto posiblemente explicaría las prevalencias altas encontradas con más de un serovar presente por animal.

.

Conclusión

La ganadería chihuahuense es vital para el desarrollo socioeconómico del Norte de México, pero se enfrenta a retos complejos como la sequía y la vigilancia y control de enfermedades infecciosas que ponen en riesgo la productividad del hato como es la leptospirosis entre otras que a las que es necesario prestar atención. Para este trabajo se determinaron altas prevalencias para la presencia de por lo menos un serovar por animal, lo cual indica que las unidades de producción requieren implementar calendarios de manejo sanitario incluyendo la vacunación especifica contra las serovares detectadas. En este sentido, la prevención y el control de agentes infecciosos que están relacionados con abortos específicamente, son esenciales para mantener la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones ganaderas en el Estado de Chihuahua.

Fuente financiadora

Este trabajo fue desarrollado mediante el financiamiento del proyecto: Proyecto de validación y transferencia de tecnología en ganadería en el Ejido Huizopa del Municipio de Madera, Chihuahua.

Referencias bibliográficas.

1. Betancur Hurtado, C., Orrego Uribe, A., & González Tous, M. (2013). Seroepidemiología de la leptospirosis en bovinos con trastornos reproductivos en el municipio de Montería, Colombia. Revista Medicina Veterinaria, (26), 47-55.
2. Martínez-Reina, D. H., Londoño-Salazar, E. L., & Arrieta-Prieto, L. H. (2021). Análisis de pérdidas económicas por enfermedades en el sistema de producción de búfalos en el departamento de Córdoba, Colombia. Ciencia y Agricultura, 18(2), 43-54.
3. Orjuela, J., Betancourt, A., & León, R. (2002). Implicaciones de las prácticas agropecuarias urbanas y rurales sobre la transmisión de la leptospirosis. Agrociencia, 51(7), 725-736.
4. Méndez C, Benavides L, Esquivel A, Aldama A, Torres J, Gavaldón D, Meléndez P, Moles L. (2013). Pesquisa serológica de Leptospira en roedores silvestres, bovinos, equinos y caninos en el noreste de México. Rev Salud Anim;35(1):25-32.

ACTIVIDAD DE *Agave salmiana* SOBRE LA INHIBICIÓN DE LA ECLOSIÓN DE HUEVOS DE NEMATODOS GASTROINTESTINALES DE CAPRINOS.

Ana Irene Márquez Ramírez[1], Juan José Hernández-Ruiz[1], Daniel Melo-Guzmán[1], Armando Peláez-Acero[1], Adrian Zaragoza-Bastida[1], Nallely Rivero-Perez[1]

[1] Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias

*Autor para corresponencia:nallely_rivero@uaeh.edu.mx

Palabras clave: *agave salmiana*, nematodos gastrointestinales, caprinos

Introducción

La parasitosis en pequeños rumiantes impacta negativamente en la producción pecuaria ya que afectan el bienestar, salud y producción animal y en infecciones severas pueden provocar la muerte de los animales, esto debido a que algunos parásitos gastrointestinales producen cuadros de anemia, así como síndrome de mala absorción (Díaz-Anaya *et al.,* 2017).

Los antihelmínticos de amplio espectro como lactonas macrocíclicas, imidazotiazol y derivados de los benzimidazoles han mostrado por mucho tiempo ser altamente eficaces en el control de parasitosis. Por esta razón, su uso ha sido de forma frecuente en las unidades de producción lo cual aunado al fácil acceso han propiciado la disminución o pérdida de eficacia de los fármacos en el control de parásitos gastrointestinales. La primera evidencia de resistencia por parte de los parasito fue en 1964 a los pocos años de que introdujeran al mercado Tiabendazol, conociéndose así el primer reporte de resistencia de *Haemonchus contortus* en pequeños rumiantes (Lara, 2007).

Debido a lo antes mencionado se ha optado por buscar alternativas naturales, más efectivas, amigables con el medio ambiente, como es el uso de plantas medicinales, de las cuales hay reportes de su uso en la medicina tradicional. *Agave salmiana* o comúnmente llamado agave pulquero pertenece a la familia *Asparagaceae*, es una planta suculenta de crecimiento lento, con un desarrollo basal, es una planta monocárpica, originaria de México concentrada en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Estado de México y Oaxaca, históricamente esta planta es cultivada para la producción de pulque, sin embargo, se le atribuyen múltiples propiedades como, antibacteriana, antinflamatoria y antioxidante (Andrade *et al.,* 2019; Pérez-Hernández *et al.,* 2024). Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del extracto hidroalcohólico de *Agave salmiana* sobre la inhibición de la eclosión de nematodos gastrointestinales de caprinos.

Materiales y métodos

Obtención del material vegetal: Se recolectaron pencas de *Agave salmiana* en época de invierno en la región de Epazoyucan, Hidalgo, México (20°01′03″N 98°38′11″O).
Obtención del extracto: La obtención del extracto se realizó siguiendo la metodología descrita por (Rivero-Perez *et al*., 2018)
Obtención de muestras: Se obtuvieron muestras de heces directamente del recto de 94 cabras en una unidad de producción ubicada en Acatlán, Hidalgo (20°11′44″N 98°26′24″O)
Determinación de la actividad antihelmíntica: La determinación de la actividad antihelmíntica se realizó de acuerdo con la metodología descrita por (Rivero-Perez *et al.,* 2019). Se realizaron las pruebas de inhibición de la eclosión de huevo.
Análisis estadístico: Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza y una comparación de medias por Tukey a un nivel de confianza del 95%. Para determinar las concentraciones efectivas 50 y 90, se utilizó el comando Probit, en el paquete estadístico SAS V9.0.

Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de la inhibición de la eclosión de huevo, se observó que las concentraciones 200 a 3.12 mg/mL del extracto hidroalcohólico de *Agave salmiana* inhibieron el 100, 100, 97.31, 71.03, 34.00, 25.55, 22.29 %, respectivamente (Cuadro 1). Observándose que las

concentraciones 200, 100 y 50 mg/mL, producen porcentajes de inhibición de la eclosión similares a Ivermectina y Tiabendazol, sin presentar diferencias estadísticas significativas con estos dos fármacos antihelmínticos (p=0.0001).

Cuadro1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de nematodos gastrointestinales de caprinos expuestos al extracto hidroalcohólico de *Agave salmiana*.

Tratamientos	**%IEH ± d.e**
Agua destilada	9.54±3.27^{e}
Tiabendazol (0.1 mg/mL)	98.99±2.01^{a}
Ivermectina (5mg/mL)	100.0±0.0^{a}
Extracto de *Agave salmiana*. (mg/mL)	
200.00	100.0±0.00^{a}
100.00	100.0±0.00^{a}
50.00	97.31±0.54^{a}
25.00	71.03±1.95^{b}
12.50	34.00±1.36^{c}
6.25	25.55±1.15^{d}
3.12	22.29±3.22^{d}
Valor de p	0.0001

$^{a, b, c, d}$ Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia estadística. d.e= desviación estándar

Como se observa en la Figura 1, las concentraciones efectivas 50 y 90 del extracto hidroalcohólico de *Agave salmiana* fueron 14.20 y 43.04% respectivamente.

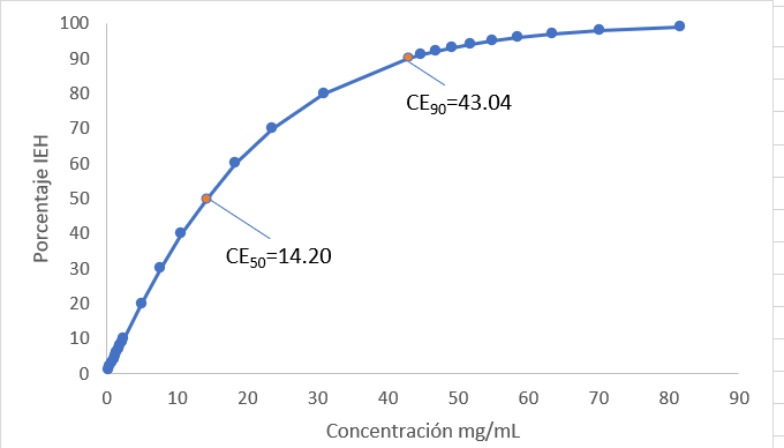


Figura 1. Concentraciones efectivas 50 y 90 requeridas para inhibir la eclosión de huevos de nematodos gastrointestinales de caprinos expuestos al extracto hidroalcohólico de *Agave salmiana*

Discusión

El extracto hidroalcohólico de *Agave salmiana* presentó actividad inhibiendo la eclosión de huevos de nematodos gastrointestinales de cabras, determinadose un efecto con un comportamiento concentración dependiente. Este comportamiento coincide con lo reportado por Rivero-Pérez et al. (2021), quienes observaron una inhibición del 99.5 % a 200 mg/mL en extractos de *Kalanchoe daigremontiana*. Sin embargo, en el presente estudio no se evaluó la actividad extracto de *A. salmiana* sobre bacterias.

En comparación con el extracto hidroalcohólico *Leucaena leucocephala*, que mostró un efecto sobre el porcentaje de inhibición de la eclosión del 20–22 % a concentraciones entre 6.25 y 50 mg/mL (Rivero-Pérez et al., 2019), el extracto de *A. salmiana* alcanzó mayores porcentajes (100, 100 y 97.31%) a concentraciones de 200, 100 y 50 mg/mL. Esta diferencia puede atribuirse a su contenido de saponinas y flavonoides, compuestos ampliamente descritos en *Agave salmiana* (Puente-Garza et al., 2017).

Además, la bioactividad del extracto se respalda por su efecto antimicrobiano y molusquicida, reportado por Pérez-Hernández et al. (2024), lo que sugiere que los metabolitos secundarios presentes pueden actuar sobre diferentes grupos de organismos.
Finalmente, estudios sobre la composición fitoquímica de *A. salmiana* confirman que la concentración de saponinas puede incrementarse bajo ciertas condiciones de cultivo, lo que abre posibilidades para mejorar su eficacia mediante selección y manejo agronómico (Álvarez-Duarte ***et al***., 2024).

Conclusión

En el presente estudio se demostró el efecto del extracto hidroalcohólico de *Agave salmiana* sobre la inhibición de la eclosión de huevos de nematodos gastrointestinales de caprino, determinándose efectos similares a Ivermectina y Tiabedazol, a concentraciones de 200 a 50 mg/mL, dichos resultados evidencian el potencial uso de *Agave salmiana* como alternativa funcional y amigable con el ambiente pare le control de las nematodiasis en caprinos, sin embargo en necesario realizar ensayos que permitan identificar a los metabolitos secundarios responsables de dicha actividad, además de realizar desafíos *in vivo*.

Agradecimientos

Agradecimientos al Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por las facilidades prestadas para la realización del presente estudio.

Fuente financiadora

Recursos propios

Referencias bibliográficas

1. Álvarez-Duarte, P., Madrigal, D., Márquez-Pallares, M. A., Valdés-Reyna, J., & Sandoval-Villarreal, J. (2024). Compuestos de interés comercial de cuatro cultivares de Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck subsp. salmiana. Revista Mexicana de Fitotecnia, 47(1), 1–12.
2. Pérez-Hernández, Y., Cortegaza-Ávila, L., Camacho-Campos, C., Rubio-Fontanills, Y., Valdivia-Ávila, A. L., Sosa del Castillo, D., & Liriano-González, R. (2024). Antibacterial and molluscicidal properties of Agave salmiana Otto ex Salm-Dick and Agave beaulerina. Bionatura, 9(1), 75–82. https://doi.org/10.21931/RB/2024.01.07
3. Puente-Garza, F., Gutiérrez-Mora, A., González-Rodríguez, H., & Ramírez-Rodríguez, G. B. (2017). Enhancement of saponins and flavonols in Agave salmiana through micropropagation. Industrial Crops and Products, 103, 85–91. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.03.036
4. Rivero-Pérez, N., Jaramillo-Colmenero, A., Peláez-Acero, A., Rivas-Jacobo, M., Ballesteros-Rodea, G., & Zaragoza-Bastida, A. (2019). Actividad antihelmíntica de la vaina de Leucaena leucocephala sobre nematodos gastrointestinales de ovinos (in vitro). Abanico Veterinario, 9(1), 1–9. https://doi.org/10.21929/abavet2019.95
5. Rivero-Pérez, N., Prieto-Méndez, J., Hernández-Fuentes, A., Zaragoza-Bastida, A., & Madariaga-Navarrete, A. (2021). In vitro anthelmintic and antibacterial effect of Kalanchoe daigremontiana leaves and stems hydroalcoholic extract. Abanico Veterinario, 12(1), 1–16. https://doi.org/10.21929/abavet2022.1

DETECCIÓN DE PARÁSITOS DE LA CAVIDAD ABDOMINAL DE PECES DE INTERÉS COMERCIAL EN EL SISTEMA LAGUNAR POM- ATASTA, CAMPECHE.

Metzy Joselyn José Lucas[1], Assereth Hernández-Delgado[1], Iojana Guadalupe Escobar-Pérez[1], Anahí Ángeles-Martínez[1], Liliana Jocelyn Espinoza-Carrillo[1], Hortencia Hernández- Ruíz[2], Ana Karina Rodríguez-Vicente[2], Luis Amado Ayala-Pérez[2*]

[1]Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México, México.
[2]Departamento el Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: hhernandezr@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave. peces, parásitos, laguna

Introducción

El sistema lagunar Pom-Atasta se encuentra ubicado dentro del área natural protegida de la Laguna de Términos. Se caracteriza por tener una gran diversidad y productividad biológica, lo que determina su importancia ecológica, además de presentar relevancia económica, debido a los recursos pesqueros que posee, los cuales incluyen especies de peces comerciales.

En los ecosistemas acuáticos, un aspecto que ha cobrado importancia en los últimos años es la evaluación de la parasitofauna. Es conocido que en algún momento del ciclo de vida de algunas especies animales incluyendo la humana, han sido parasitadas. En el sistema lagunar Pom-Atasta, se han realizado estudios ecológicos sobre estructura poblacional de algunas especies de peces, pero no cuenta con estudios que determinen la presencia de parásitos en la ictiofauna del lugar. Rodríguez-González y Vidal-Martínez (2008), realizaron un estudio que describió la variación temporal de la riqueza de especies de la helmintofauna en el lenguado *Symphurus plagiusa* en la costa de Campeche y la Laguna de Términos. Por la escasa información que existe de la parasitofauna en este sistema lagunar, este estudio tuvo como objetivo determinar la presencia de parásitos asociados a la cavidad abdominal de los peces de interés comercial del sistema lagunar Pom-Atasta.

Materiales y métodos

Se realizaron dos ciclos de muestreos durante la temporada de lluvias y nortes (julio y noviembre). En cada ciclo se analizaron 8 sitios del sistema Pom-Atasta. La captura de los peces se realizó con una red de arrastre camaronera de 5 m de largo y 2.5 m de abertura de trabajo, con una luz de malla de 1.9 cm, equipada con tablas de 0.4 × 0.6 m, y operada a una velocidad de 2 nudos durante 12 min por muestreo.

Los peces se conservaron en hielo hasta su procesamiento en el laboratorio de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. La revisión de la cavidad abdominal, se realizó a partir de una incisión ventral, con el propósito de exponer y obtener los órganos. Los órganos y tejidos analizados fueron: tracto digestivo, mesenterio y músculo, los cuales se colocaron individualmente en cajas Petri con solución salina (0.7 %). La revisión del interior del tracto digestivo se hizo diseccionando el tejido poco a poco bajo la observación de un microscopio estereoscópico. La parasitofauna encontrada se colocó en cajas Petri chicas, con solución salina al 0.7% para su observación y posterior fijación. Para la evaluación del músculo, con un bisturí, se cortaron filetes y se examinaron por compresión entre vidrios (squash). La parasitofauna encontrada se colocó en agua destilada y se conservó en refrigeración por 24 horas. Para la tinción de los parásitos se utilizó azul lactofenol. Todos los helmintos encontrados se revisaron en un microscopio óptico, la identificación taxonómica se hizo con base en los criterios propuestos por Caspeta-Mandujano *et al*. (2009).

Se estimaron los parámetros de infección tales como la prevalencia, donde se dividió el número de hospederos infectados con una especie particular de parásito entre el número total de hospederos analizados de una especie, expresada en porcentaje (%). La abundancia media se determinó a partir del número total de individuos de una especie de parásito en particular dividido entre el número total de hospederos de la especie examinada (se incluyen hospederos infectados y no infectados). Y finalmente la intensidad media, se calculó como el número total de parásitos de una especie determinada encontrada en una muestra dividida por el número de hospederos infectados con ese parásito (Bush *et al*.,1997).

Resultados y discusión

En el primer ciclo de muestreo se capturaron un total de 133 peces pertenecientes a 17 especies y 13 familias. En el cuadro 1, se presentan las especies de peces de interés comercial que fueron analizadas para la detección de parasitofauna, Los resultados mostraron una mayor representatividad de peces de la familia Ariidae (91 individuos), 88 correspondían a *Ariopsis felis y 3 a Bagre marinus*. En el segundo ciclo de muestreo se capturaron un total de 144 peces pertenecientes a 22 especies distribuidas en 13 familias. De todos los organismos capturados solo 103 se agrupan en especies de interés comercial, destacándose nuevamente la familia Ariidae con 50 individuos de *Ariopsis felis*; Megalopidae con 27 individuos de *Megalops atlanticus* y Clupeidae con 15 individuos de *Dorosoma anale*.

Cuadro 1. Especies de peces capturada en el sistema lagunar Pom-Atasta, Campeche.

Especie	Ciclo de muestreo																		
	Julio									Total	Noviembre								Total
	Sitios de captura										Sitios de captura								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	
Ariopsis felis	-	-	15	-	-	-	-	-	73	88	-	-	-	1	16	24	8	1	50
Megalops atlanticus	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	12	11	2	-	-	-	-	27
Bagre marinus		-	3	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	
Cyprinus carpio	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
Anchoa mitchilli	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dorosoma anale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	15	-	-	-	-	-	15
Atractosteus tropicus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	-	-	-	-	-	-	2
Mugil cephalus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	3	-	-	-	-	-	3
Paraneetroplus synspilus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Centropomus parallelus	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-	3
Micropogonias undulatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Petenia splendida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Total de individuos										95									103

En cuanto a la presencia de parásitos en especies de peces de interés comercial, se encontró que, en el primer ciclo de muestreo, se detectaron un total de 1378 parásitos, principalmente del grupo de los acantocéfalos, identificados taxonómicamente a nivel de género: *Neoechinorhynchus* sp., *Contracaecum* sp. *(*acantocéfalos*)* y *Bothriocephalus* sp. *(*cestodos*)*. Mientras que en el segundo ciclo de muestreo se identificaron un total de 865 parásitos, los cuales pertenecieron a los géneros del género *Neoechinorhynchus y Contracaecum*. En el cuadro 2 se muestran los parámetros de infección de los helmintos, los resultados determinaron que el género *Neoechinorhynchus* sp*,* presentó una prevalencia más alta en ambos muestreos respecto a los otros géneros de parásitos. De acuerdo con Shamsi (2019), algunas especies del género *Contracaecum* sp. pueden tener efectos patógenos tanto en la fauna silvestre (peces, aves, mamíferos marinos) como en los seres humanos. En cuanto a especies del género *Neoechinorhynchus* sp. Choc *et al*. (2019), refieren que desde el punto de vista de salud pública no se ha comprobado que esta especie posea capacidad infectiva para el ser humano, por lo que su presencia en peces de interés comercial se restringe a posibles efectos sobre su desarrollo físico y nutricional.

Cuadro 2. Parámetros de infección de las especies de parásitos identificadas en peces de interés comercial en el sistema lagunar Pom-Atasta, Campeche.

Primer ciclo de muestreo				
Género	**Individuos infectados**	**Prevalencia %**	**Abundancia**	**Intensidad promedio**
Neoechinorhynchus sp.	82	83	1312	16
Contracaecum sp.	3	3	65	21.66
Bothriocephalus sp.	1	1	1	1
Sin parásitos	12	-	-	-
Segundo ciclo de muestreo				

Neoechinorhynchus sp.	40	37	832	28.80
Contracaecum sp.	12	13	33	2.75
Sin parásitos	55	-	-	-

Conclusiones

El sistema Pom-Atasta presenta una amplia diversidad ictiofaunística, de la cual algunas especies se utilizan como recursos pesqueros y son relevantes en la comunidad desde el punto de vista comercial.
La presencia de helmintos en los peces puede generar efectos negativos sobre el bienestar de los peces al afectar su desarrollo físico y nutricional. Además, representa un riesgo potencial para la salud humana, si no se realiza un manejo sanitario adecuado y durante su preparación no se consideran procesos de cocción, antes de su consumo.

Agradecimientos

A las autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) de Laguna de Términos, por todas las facilidades otorgadas para la realización de los muestreos en el sistema lagunar de Pom-Atasta. Extendemos un sincero agradecimiento a los pescadores David y Miguel por el apoyo brindado en el recorrido de los sitios de muestreo y la captura de los peces.

Fuente financiadora

Este estudio se realizó con los recursos institucionales de la División en Ciencias Biológicas y de la Salud, del Departamento El Hombre y su Ambiente y de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Además del financiamiento del Proyecto “Análisis ambiental y biología de peces como recursos pesqueros en dos áreas naturales protegidas del sureste de México”.

Referencias bibliográficas

1. Bush, A., Lafferty, K. Lotz, J. & Shostak, A. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. Journal of Parasitology, 83(4): 575-583.
2. Caspeta-Mandujano, J. M., Cabañas-Carranza, G. & Mendoza-Franco, E. (2009). Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas mexicanos (Caso Morelos). AGT Editor, S. A. & UAEM, México, 129 pp.
3. Choc, L., Figueroa, L., Zea, M. & Wer, R. (2019). Neoechinorhynchus sp. en intestino de peces bagres o kishkes (*Ariopsis assimilis*) de la cuenca de Río Dulce, Izabal, Guatemala. Reporte de caso. Ciencia Animal. Universidad de San Carlos de Guatemala. 62-72.
4. Rodríguez-González, & Vidal-Martínez, V. M. (2008). Las comunidades de helmintos del lenguado (*Symphurus plagiusa*) en la costa de Campeche, México. Revista mexicana de biodiversidad, 79(1), 159-173.
5. Shamsi S. (2019). Parasite loss or parasite gain? Story of *Contracaecum* nematodes in antipodean waters. Parasite Epidemiol Control;4:e00087.

DIVERSIDAD BACTERIANA PRESENTE EN LA ICTIOFAUNA DEL SISTEMA LAGUNAR POM- ATASTA, CAMPECHE.

Ana Karina Rodríguez-Vicente[1], Hortencia Hernández- Ruíz[1], Carlos Edgardo Cruz Rodríguez[2], Guadalupe Michelle López-Mendoza[2], Leslie Albarrán-Hernández[2] y Luis Amado Ayala- Pérez[1*].

[1]Departamento el Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Ciudad de México, México.
[2]Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México, México.

*Autor para correspondencia: hhernandezr@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: bacterias, ictiofauna, sistema lagunar.

Introducción

El sistema lagunar Pom-Atasta, como cabecera estuarina del área de protección Laguna de Términos, Campeche, es un ecosistema productivo que alberga una alta diversidad ictiofaunística. La actividad pesquera en este sistema lagunar ha sido históricamente una fuente económica clave para las comunidades locales. Sin embargo, el aumento de actividades humanas, como la agricultura y la llegada de la industria petrolera han aumentado el grado de contaminación de la región. El aumento demográfico ha generado un gran número de aguas residuales que desembocan en la Laguna de Términos (Hernández y Pérez, 2015), provocando cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua que propician la proliferación de microorganismos. Los estudios realizados en esta zona se enfocan en aspectos ecológicos como la estructura de comunidades de peces y temas de contaminación (Ayala-Pérez et al., 2003); pero no se tienen registros con relación a las bacterias de los peces por lo que, el objetivo del presente trabajo fue determinar la diversidad de bacterias presentes en peces de este sistema Lagunar.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en el sistema lagunar Pom-Atasta, localizado en la porción occidental de la Laguna de Términos, Campeche. A 18°30’ y 18°35’N y 91°50’ y 92°20’ W de la Península Yucatán (Aguirre-León et al., 2000) en el mes de febrero de 2025. Se colectaron peces de siete sitios diferentes del sistema lagunar Pom-Atasta descritos en el cuadro 1.

Para determinar la presencia de las bacterias de los peces, se tomaron muestras de piel, branquias e intestino, de las especies: *Megalops atlanticus*, *Archosargus probatocephalus*, *Bagre marinus, Hypanus americanus*, *Elops saurus*, *Petenia splendida* y *Oreochromis niloticus*. De cada especie se consideró un lote de 3 peces. Con la ayuda de hisopos estériles se obtuvieron las muestras de piel y branquias que se colocaron en tubos con caldo de soya-tripticaseína y agua peptonada para pre-enriquecer las muestras y su posterior siembra en los medios de cultivo. En el caso de las muestras de intestino los peces fueron disectados en condiciones asépticas y se obtuvieron los intestinos que se enjuagaron con solución salina estéril al 85%, procediéndose a colocar las muestras en los mismos medios de preenriquecimiento tal como se realizó con las muestras de piel y branquias. Las muestras de caldo soya tripticaseína se sembraron en los agares: Infusión Cerebro-Corazón, MacConkey y Eosina Azul de Metileno, mientras que las de agua peptonada se sembraron en el medio Tiosulfato Citrato Bilis Sacarosa. Se tomó 0.1 mL de cada una de las muestras y se sembró en las placas por estría cruzada y se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Tras la incubación, se realizó la caracterización morfológica de cada una de las colonias presentes en los medios de cultivo, (forma, tamaño, elevación, superficie, borde, color, opacidad). Además, se evaluó su morfología celular a través de la tinción Gram. Se seleccionaron y aislaron 15 colonias con características morfológicas distintas para su identificación bioquímica. La identificación de cada una de las colonias se realizó mediante pruebas bioquímicas tales como: catalasa, oxidasa, H_2S, citrato, indol, movilidad, Vogues-Proskauer- Rojo de Metilo y triple hierro y azúcar incubando a 37 °C durante 24 horas. Posteriormente, se realizó la identificación bioquímica de cada uno de los microorganismos presentes en las muestras,

.

Resultados y discusión

Se identificaron 10 géneros de bacterias: *Citrobacter* sp., C. *freundii, Enterobacter* sp., *E. aerogenes*, *Escherichia coli*, *Shigella enteriditis*, *Klebsiella* sp., *Serratia* sp., *Proteus mirabilis*, *Vibrio fluvialis*, *V. parahemolyticus*, *Aeromonas hydrophila* y *Pseudomonas aeruginosa,* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Bacterias identificadas en la ictiofauna de la Laguna de Pom-Atasta, Campeche

Sitio	Especie	Piel	Branquias	Intestino
Laguna de la colorada	*Megalops atlanticus* (Sábalo)	*Citrobacter* sp. *Klebsiella* sp. *Serratia* sp. *Enterobacter* sp. *Escherichia coli* *Vibrio parahemolyticus* *Vibrio fluvialis*	*Citrobacter* sp. *Pseudomonas aeruginosa* *Serratia* sp. *Enterobacter* sp. *V. parahemolyticus* *V. fluvialis*	*Citrobacter* sp. *Enterobacter* sp. *E. coli*
Boca Atasta	*Archosargus probatocephalus* (Sargo)	*Citrobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Enterobacter* sp. *E. coli* *V. fluvialis*	*C freundii* *Enterobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Citrobacter* sp. *V. fluvialis* *Aeromonas hydrophila*	*Citrobacter sp.* *Enterobacter sp.* *E. coli*
La almendrita	*Bagre marinus* (Bagre bandera)	*Citrobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Enterobacter* sp. *Shigella enteriditis* *Vibrio fluvialis* *Aeromonas hydrophila*	*Pseudomonas aeruginosa* *Citrobacter* sp. *Klebsiella* sp. *Enterobacter aerogenes* *Shigella enteriditis* *Vibrio parahemolyticus* *Vibrio fluvialis*	*Citrobacter* sp. *Pseudomonas aeruginosa* *Enterobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Vibrio parahemolyticus* *Vibrio fluvialis*
Punta de Atasta	*Hypanus americanus* (Raya látigo blanca)	*Citrobacter* sp. *Klebsiella* sp. *Enterobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Escherichia coli* *Vibrio parahemolyticus* *Vibrio fluvialis* *Aeromonas hydrophila*	*Citrobacter* sp. *Klebsiella* sp. *Enterobacter* sp. *Escherichia coli* *Vibrio parahemolyticus* *Vibrio fluvialis* *Aeromonas hydrophila*	No se analizó
El muelle	*Elops saurus* (Machete del Atlántico)	*Pseudomonas aeruginosa* *Citrobacter* sp. *Enterobacter aerogenes Serratia* sp. *Proteus mirabilis* *Vibrio parahemolyticus* *Vibrio fluvialis*	*Pseudomonas aeruginosa* *Enterobacter* sp. *Escherichia coli* *Enterobacter aerogenes* *Vibrio fluvialis*	*Pseudomonas aeruginosa* *Citrobacter* sp. *Serratia* sp. *Escherichia coli* *Enterobacter aerogenes* *Vibrio fluvialis*
Canal Pemex	*Petenia splendida* (Mojarra tenguayaca)	*Citrobacter* sp. *Enterobacter* sp. *Enterobacter aerogenes Escherichia coli*	*Citrobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Escherichia coli*	*Pseudomonas aeruginosa* *Enterobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Escherichia coli*
Canal de los ahogados	*Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nilo)	*Citrobacter* sp. *Serratia* sp. *Enterobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Escherichia coli* *Vibrio fluvialis* *Aeromonas hydrophila* *Vibrio parahemolyticus*	*Citrobacter* sp. *Enterobacter* sp. *Enterobacter aerogenes* *Serratia* sp.	*Vibrio parahemolyticus* *Vibrio fluvialis* *Aeromonas hydrophila*

La mayoría de los géneros de bacterias estuvieron presentes en la piel, branquias e intestino a diferencia de *Proteus mirabilis* que solo se presentó en piel y C. *freundii* que se encontró en branquias. La presencia

de estas bacterias sugiere contaminación fecal del agua, aunque también forman parte de la microbiota natural de los peces. Algunas especies se han reportado como patógenos para los peces (*Vibrio fluvialis*, *Vibrio parahemolyticus*, *Aeromonas hydrophila* y *Pseudomonas aeruginosa*) y otros afectan la salud humana (*Escherichia coli*, *Shigella enteriditis*) lo que coincide con lo reportado con Achebe, (2015).

Conclusiones

Las bacterias que se identificaron forman parte de la microbiota tanto en los peces como en el agua y cuando se dan ciertas condiciones ambientales como contaminación, pueden generar estrés en los peces, haciéndolos vulnerables a infecciones, especialmente por bacterias patógenas.

Agradecimientos

A las autoridades de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) de Laguna de Términos, por las facilidades otorgadas para la realización de los muestreos en el sistema lagunar de Pom-Atasta, así como a los pescadores David y Miguel por el apoyo en el muestreo y captura de los peces.

Fuente financiadora

Este estudio se realizó con recursos institucionales de la División en Ciencias Biológicas y de la Salud, del Departamento El Hombre y su Ambiente y de la Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Además del financiamiento del Proyecto “Análisis Ambiental y Biología de Peces como Recursos Pesqueros en dos Áreas Naturales Protegidas del Sureste de México”.

Referencias bibliográficas

1. Achebe, M. (2015). Studies on bacteria in fish species of commercial importance at the Aquaculture Unit in Nigeria. Advances in Aquaculture and Fisheries Management ISSN: 9424-2933 Vol. 3 (4), pp. 232-240.
2. Aguirre-León, A. y Díaz-Ruiz, S. (2000). Population Structure, Gonadal Maturity and Feeding Habits of *Eugerres Plumieri* (Gerreidae) In The Pom-Atasta Fluvial-Deltaic System, Mexico. Ciencias Marinas. 26. 10.7773/cm.v26i2.580.
3. Hernández, E. y Pérez D. (2015). Las raíces teóricas del discurso de desarrollo sustentable de Petróleos Mexicanos en la región de la Laguna de Términos, Campeche. En L. E. Amador y M. Frutos (Eds.), Problemas contemporáneos regionales del sureste mexicano. El caso del Estado de Campeche (1ª Edición., pp. 14- 37). Universidad Autónoma del Carmen.
4. Ayala-Pérez, L., Ramos Miranda, J., y Flores Hernández, D. (2003). La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. Revista de Biología Tropical, 51(3-4), 783-793.

RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN POTROS CON DIARREA: UN DESAFÍO DESDE EL ENFOQUE DE UNA SOLA SALUD.

Valeria Jazmín Rodríguez-Villavicencio[1], Linda Guiliana Bautista-Gómez*[1], José Luis Camacho-Cardoso[1], José Simón Martínez-Castañeda[2]

[1] Laboratorio de Biotecnología, Biología Molecular y Genética, Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México. [2]Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

*Autor para correspondencia: lgbautistag@uaemex.mx

Palabras clave. diarrea, equinos, RAM

Introducción

La diarrea representa una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en potros menores a seis meses de edad. Este signo es de causa multifactorial y entre la etiología, las infecciones bacterianas (como las causadas por *Escherichia coli, Salmonella* spp. y *Clostridium difficile*) son especialmente preocupantes debido al uso frecuente y desmedido de antimicrobianos en su tratamiento (Magdesian, 2012). Este uso intensivo y, en ocasiones, empírico de antibióticos ha favorecido la emergencia de cepas con multirresistencia, comprometiendo la eficacia terapéutica y originando riesgos que van más alla del ámbito veterinario.

Desde el enfoque de Una Sola Salud (One Health), la resistencia antimicrobiana (RAM) en potros con diarrea debe entenderse como una problemática de salud global que interconecta la salud animal, la salud humana y el medio ambiente, a consecuencia de la transmisión de bacterias resistentes o genes de resistencia qué puede ocurrir directamente a través del contacto entre humanos y animales, o indirectamente mediante el entorno contaminado con heces o residuos microbianos (Robinson *et al.,* 2016). Estudios recientes demostraron la presencia de cepas de *E. coli* multirresistente en potros hospitalizados, lo que plantea un riesgo tanto para el animal como para los cuidadores y veterinarios (Maddox *et al.,* 2015). Además, los establos, caballerizas y hospitales veterinarios pueden actuar como reservorios y puntos de diseminación de cepas con genes de resistencia (Weese *et al*., 2015). Es por ello que enfrentar la RAM en potros con diarrea demanda un enfoque integral que contemple la vigilancia microbiológica, la implementación de guías del uso adecuado de antimicrobianos, la educación de cuidadores y veterinarios mediante platicas e información actualizada, así como estrategias sanitarias coordinadas entre los sectores de salud pública, veterinario y ambiental.

Por tal motivo, el objetivo del presente estudio, fue realizar una vigilacia microbiologica acerca de las enterobacterias que circulan en la población de potros con diarrea en la zona centro de México, así como, establecer el perfil fenotípico de resistecia antimicrobiana de cada una de las cepas aisladas, ya que con ello, es posible mitigar el avance de la RAM que compromete la salud de todos los seres vivos.

Materiales y métodos

Se recolectaron hisopados rectales de potros con diarrea de hipicos de la zona centro de México, cada uno fue depositado en tubos que contenian medio Stuart, los cuales fueron almacenados en refrigeración (2-8°C) para su traslado y procesamiento en el Laboratorio de Biotecnología, Biología Molecular y Genética, del Centro Universitario UAEM Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México. Cada hisopado se inoculó en caldo nutritivo durante 24 horas a 37ºC. Posteriormente cada una de las muestras fue sembrada en agar sangre adicionado con 5% de sangre de cordero y las colonias sospechosas a enterobacterias Gram negativas se aislaron en los medios de cultivo de Hektoen y XLD, las cuales se incubaron a 37ºC durante 48 horas. A partir de las colonias se realizó la observación de morfología microscópica mediante una tinción de Gram y finalmente se identificaron y confirmaron mediante las pruebas bioquímicas empleando los medios de TSI, LIA, MIO, Citrato, MR y VP. Una vez identificadas las colonias, se les realizó un antibiograma incubando cada una de las cepas en medio Agar Mueller-Hilton (CLSI, 2020). Las pruebas de susceptibilidad a los antimicrobianos y la interpretación de los resultados se basaron en los valores establecidos por el Clinical and Laboratory Standards Institute for Enterobacteriaceae (CLSI VET01S, 2015; CLSI, 2020).

Se probaron 11 antimicrobianos comúnmente utilizados en enfermedades gastrointestinales en humanos y en equinos, pertenecientes a siete clases: (1) Betalactámicos, divididos en cuatro subclases: (a) Penicilinas: ampicilina (AMP: 10µg) y amoxicilina con ácido clavulánico (AMC: 20/10µg); (2) cefalosporinas de tercera generación: ceftriaxona (CXONE: 30µg). (3)Aminoglucósidos: gentamicina (GEN: 10µg), amikacina (AM: 30µg) y estreptomicina (S: 10µg). (4) Quinolonas/fluoroquinolonas: ciprofloxacino (CIP: 5µg). (5) Sulfonamidas: sulfametoxazol + trimetoprima (SULT: 1,25/23,75 µg) y (6)Tetraciclinas: tetraciclina (TE: 30 µg) y doxiciclina (DOX: 30 µg). (7) Fenicoles: cloranfenicol (C: 30µg). Para el control de las pruebas de susceptibilidad a los agentes antimicrobianos se utilizó la cepa de referencia ATCC de *E. Coli* 25922 y la ATCC de *Salmonella Typhimurium* 14028.

Resultados y discusión

En el presente estudio se recolectaron un total de 20 muestras de potros que presentaban principalmente diarrea, letargo, deshidratación y fiebre, signos que caracterizan a la infección por enterobacterias, de dichas muestras se aislaron distintos géneros, tales como *Escherichia coli, Salmonella* spp., *Klebsiella* spp., *Proteus* spp. y *Pseudomonas* spp.

En los perfiles fenotípicos de resistencia de cada una de las cepas, se observa un incremento en la resistencia antimicrobiana de los antibióticos comúnmente utilizados para tratar las infecciones causadas por estas enterobacterias, como se puede ver en la siguiente tabla 1, en la mayoria de las bacterias su sensibilidad a los antibióticos esta por debajo del 50% y la resistencia esta rebasando el porcentaje intermedio de efectividad.

Tabla 1. Porcentaje del perfil fenotípico de RAM por antibiótico por bacteria aislada 2025.

		Penicilinas		Betalactámicos	Aminoglucósidos			Quinolonas	Sulfamidas	Tetraciclinas		Anfenicol
Bacteria		**AMC**	**AM**	**CRO**	**GM**	**AN**	**S**	**CIP**	**SXT**	**TE**	**D**	**C**
Escherichia coli	S	0	0	18	35	18	12	12	35	18	35	65
	I	41	29	29	24	53	41	29	18	41	53	35
	R	59	71	53	41	29	47	59	47	41	12	0
Salmonella spp.	S	0	50	0	50	0	0	50	0	50	100	100
	I	50	0	50	50	100	50	50	0	50	0	0
	R	50	50	50	0	0	50	0	100	0	0	0
Klebsiella spp.	S	8	0	15	31	31	23	38	31	31	69	62
	I	38	54	31	23	31	23	31	46	46	31	38
	R	54	46	54	46	38	54	31	23	23	0	0
Proteus spp.	S	50	100	100	100	100	50	200	50	0	0	0
	I	50	0	0	0	0	50	0	50	0	50	50
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	100	50	50
Pseudomona spp.	S	0	0	0	33	67	0	33	0	0	0	0
	I	0	0	33	33	33	0	67	0	0	33	0
	R	100	100	67	33	0	100	0	100	100	67	100

S=Sensible, **I**= Intermedia y **R**=Resistencia. Amoxicilina/ácido clavulánico (AMC), Ampicilina (AM), Amikacina (AN), Ceftriaxona (CRO), Ciprofloxacino (CIP), Cloranfenicol (C), Doxiciclina (D), Estreptomicina (S), Gentamicina (GM), Tetraciclina (TE) y Trimetoprim + sulfametoxazol (SXT).

Aunado a ello, se obtuvo un 51% de cepas resistentes a por lo menos tres familias de antibióticos por lo que se consideran cepas multiresistentes, un dato de gran importancia, ya que según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las enterobacterias son una amenaza crítica para la salud pública global debido a su creciente resistencia a múltiples antibióticos. Por lo anterior, dicha organización las ha incluido en una lista prioritaria de patógenos resistentes, destacando la capacidad que tienen para causar infecciones graves (como septicemias y enfermedades gastrointestinales). A pesar de que algunas de las enterobacterias como *Escherichia coli, Salmonella* spp. y *Klebsiella* spp., son bacterias comunes en el tracto digestivo de humanos y animales, su importancia radica en su potencial zoonótico ya que tienen la capacidad de transmitirse entre especies, especialmente en contextos donde hay contacto estrecho entre humanos, animales y el medio ambiente. Además, el uso indiscriminado de antibióticos ha favorecido la aparición de cepas multirresistentes, lo que dificulta su tratamiento y representa una amenaza para la salud pública. Estas bacterias pueden actuar como reservorios y vectores de genes de resistencia, facilitando su diseminación entre animales, humanos y el entorno, lo que convierte a las enterobacterias multirresistentes en un claro ejemplo de los desafíos del enfoque Una Sola Salud.

Conclusiones

El estudio de las enterobacterias con potencial zoonótico y su resistencia a antibióticos en potros es clave para comprender y controlar la diseminación de patógenos que amenazan la salud animal, humana y ambiental, bajo el enfoque de Una Sola Salud, este análisis permite tomar decisiones que previenen riesgos sanitarios y que promueven el uso responsable de antimicrobianos en todos los sectores.

Agradecimientos y fuente financiadora
Agradecemos al Programa de Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Autónoma del Estado de México. El apoyo del SECIHTI durante el periodo compredido de Febrero 2024 a Julio 2025. Al equipo del Laboratorio de de Biotecnología, Biología Molecular y Genética, Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca.

Referencias bibliográficas

1. Clinical and Laboratory Standards Institute Veterinary (CLSI). (2015). Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated From Animals, 3rd. Edition.
2. Magdesian, K. G. (2012). Neonatal diarrhea in foals. Veterinary Clinics: Equine Practice, 28(3), 535-556.
3. Maddox, T. W., Clegg, P. D., Williams, N. J., & Pinchbeck, G. L. (2015). Antimicrobial resistance in bacteria from horses: a review of the literature. Equine Veterinary Journal, 47(6), 756–765.
4. Robinson, T. P., Bu, D. P., Carrique-Mas, J., Fèvre, E. M., Gilbert, M., Grace, D., Hay, S. I., Jiwakanon, J., Kakkar, M., Kariuki, S., Laxminarayan, R., Lubroth, J., Magnusson, U., Thi Ngoc, P. & Woolhouse, M. E. (2016). Antibiotic resistance is the quintessential One Health issue. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, *110*(7), 377–380.
5. Weese, J. S., & van Duijkeren, E. (2015). Methicillin-resistant Staphylococcus aureus and Staphylococcus pseudintermedius in veterinary medicine. Veterinary Microbiology, 160(3-4), 418–429.

FACTORES DE RIESGO PARA VALORES DE PH URINARIO MENORES A 6.0 EN BECERRAS HOLSTEIN DE DOS DÍAS DE EDAD.

Karla Rodríguez-Hernández[1]*

[1]CIRNOC Campo Experimental La Laguna, INIFAP.

*Autor para correspondencia: rodriguez.karla@inifap.gob.mx

Palabras clave: DCAD, acidificación, hipocalcemia.

Introducción

En la Región Lagunera, los efectos del cambio climático se añaden al ya de por si clima adverso de la región. En un estudio reciente en la Región Lagunera, se observó un incremento en temperaturas extremas tanto en el día como en la noche lo que pudiera estar relacionado con la intensificación en los eventos de calor (López, et al., 2025) y en consecuencia la presentación de estrés calórico en las vacas. Se ha observado que las crías de vacas estresadas durante la gestación, sufren de alteraciones en sus respuestas al estrés, así como de una baja inmunocompetencia; ocasionando que al nacimiento las becerras nazcan en condiciones de hipoxia o acidosis. Adicionalmente, el proceso del nacimiento es estresante para las crías, y no todas lo afrontan igual incrementándose el riesgo de muerte al nacimiento o 48 horas posteriores a este, principalmente en becerras nacidas de partos distócicos (Hulbert y Moisá, 2016). Aunado a lo anterior, durante el periodo seco (60 días preparto), específicamente durante lo que se conoce como reto (últimos 21 días de gestación) entre las estrategias para mejorar la salud posparto y la producción de leche de las vacas, se encuentra la administración de compuestos aniónicos para modificar la diferencia de los cationes (Na y K) y aniones (Cl y S) en la dieta (DCAD). Esta estrategia tiene como objetivo principal prevenir la fiebre de leche y la hipocalcemia subclínica (Westhoff et al., 2023), mediante la alimentación de un exceso de aniones (DCAD negativo) ocasionando una acidosis metabólica leve, lo que incrementa la resorción de Ca en el hueso, así como la activación de la vitamina D, lo que incrementa el Ca en la sangre y mejora la absorción de Ca proveniente de la ración, respectivamente. Los cambios en el DCAD se ven reflejados en el pH de la orina entre 48 y 72 h posteriores, por lo que la medición de este se emplea como indicador de acidosis metabólica y, por lo tanto, para determinar si el manejo de los compuestos aniónicos en la ración es correcto a nivel de establo. El valor óptimo de pH urinario en vacas Holstein que se encuentran bajo esta estrategia es de 6.2 and 6.8; sin embargo, se ha popularizado el acidificar más las raciones buscando obtener pH de orina entre el rango de 5.5 a 6.2, aunque no existe suficiente información para indicar cuál es el DCAD y pH de orina ideales para prevenir la fiebre de leche y la hipocalcemia subclínica, sin afectar otras cuestiones metabólicas, producción de leche y calostro, y hasta de sus crías (Melendez and Chelikani, 2022). Al respecto, no existe información sobre el efecto de la acidificación de las madres sobre la fisiología sus becerras después del nacimiento. El pH urinario de los bovinos adultos naturalmente es alcalino con un rango normal de 7.4 a 8.4, sin embargo, el pH urinario normal de las becerras es ligeramente más ácido (6.2-7.3), y el valor para considerar que la becerra se encuentra en un estado de acidosis metabólica es menor a 6.0 (Maruta et al., 2008).

Objetivo

Identificar los factores de riesgo para valores de pH urinarios menores a 6 en becerras Holstein de dos días de edad en un establo de la Región Lagunera.

Materiales y métodos

En un establo comercial del sistema intensivo de producción de leche de la Región Lagunera, se realizó un estudio longitudinal de cohorte del 04 de abril al 17 de junio del 2025, donde se le dio seguimiento a 102 becerras Holstein recién nacidas. El seguimiento se llevó a cabo del nacimiento hasta el día 2 de edad de las becerras. El manejo general fue: desinfección del ombligo con tintura de yodo al 7% al nacimiento, pesaje, medición de la temperatura rectal y administración de tres tomas de calostro pasteurizado a 60 ± 5 °C por 60 minutos (Dairy Tech Inc., Windsor, CO). La primera toma de calostro se ofreció máximo 2 horas posteriores al parto, la segunda 12 horas después de la primera toma de calostro y la tercera toma, 12 horas después de la segunda. En todos los casos todas las tomas fueron de calidad ≥ 80 g/L, la calidad fue determinada empleando un calostrómetro, y todas las tomas posteriores a la primera toma fueron de 2

litros. Aproximadamente veinticuatro horas después del nacimiento, a cada becerra se le tomó una muestra de sangre en un tubo sin anticoagulante, para la medición de proteína sérica total empleando un refractómetro óptico; también se colectó una muestra de orina para la medición de pH empleando un potenciómetro digital. Se colectaron de los registros del establo tipo de madre (vaca o vaquilla), peso al nacimiento, temperatura rectal al nacimiento, litros de calostro ofrecidos en la primera toma, estado clínico de la becerra a la llegada al cunero (bueno, regula o malo), proteína sérica, pH en orina de la becerra. El manejo de las vacas y vaquillas 21 días antes del parto consistió en el ofrecimiento de una ración totalmente mezclada que incluía la adición de compuestos aniónicos, y para el seguimiento de una adecuada acidificación la compañía que vende los compuestos aniónicos realizaba muestreos semanales de pH en orina, estos datos se obtuvieron de los registros del establo. Se registraron a partir la estación meteorológica del Campo Experimental La Laguna (INIFAP), la temperatura y humedad relativa de cada hora para el cálculo posterior del índice de temperatura y humedad (ITH) promedio por día y máximo. Para el análisis estadístico de la información se empleó el programa estadístico R (versión 4.2.0; R Core Team, 2022). Para cada variable se realizó análisis estadístico descriptivo, así como análisis bivariado no paramétrico para la comparación entre grupos empleando la función egltable. Para el análisis de regresión logística multivariada se empleó la función glm y especificando el parámetro family = binomial, donde la variable de respuesta, pH en orina (PHO) de las becerras se clasificó como 0 cuando el pH fue igual o mayor a 6.0 y como 1 cuando fue menor a 6.0. Todas las variables se incluyeron en el modelo y fueron eliminándose hacia atrás empleando el criterio de información de Akaike y la bondad de ajuste del modelo empleando la pseudo-R^2 de MCFadden. Las variables que no mejoraron el modelo ($P > 0.20$) fueron excluidas del modelo final. Los intervalos de confianza se calcularon usando la función confint.default, y para obtener lo razón de momios (OR) los coeficientes se elevaron al cuadrado. Las variables que se incluyeron en el modelo final fueron: ITH máximo del día de nacimiento, valor promedio de pH del corral de reto tres (PH3), dos (PH2) semanas antes del nacimiento, así como el de la semana de nacimiento (PH1).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan las medias de los factores de riesgo potenciales para la presentación de pH urinario menor a 6.0, agrupadas por valores de pH urinario < 6.0 (PHO = 1) y ≥ 6.0 (PHO = 0). El pH urinario de las becerras a los dos días de edad fue estadísticamente diferente entre grupos, el promedio del grupo PHO =1 es indicativo de acidosis metabólica. No se observaron diferencias para peso al nacimiento, temperatura rectal, ni cantidad de calostro ofrecida en la primera toma. Así mismo, no se observó diferencia entre grupos para el pH urinario de las vacas y vaquillas en la semana en la que nació la becerra.

Cuadro 1. Medias de los factores de riesgo potenciales para la presentación de pH urinario menor a 6.0 en becerras de dos días de edad.

Factor de riesgo potencial	PHO =0	PHO = 1	Valor de P
	media±de		
Peso al nacimiento, kg	35.03±4.00	34.62±4.78	0.639
Temperatura rectal, °C	38.27±0.53	38.38±0.54	0.288
Cantidad de calostro en la primera toma, L	3.56±0.60	3.64±0.53	0.510
pH urinario de la becerra	6.28±0.280	5.53±0.23	<0.001
ITH promedio	68.33±5.35	73.40±3.89	<0.001
ITH máximo	75.25±4.34	78.32±3.45	<0.001
PH3	6.03±0.77	5.57±0.39	<0.001
PH2	6.25±0.89	5.70±0.52	<0.001
PH1	6.28±0.87	6.07±0.88	0.234

PHO = 1 es pH < 6.0, PHO = 0 es pH ≥ 6.0. ITH = índice de temperatura y humedad. PH3 = pH urinario promedio de vacas y vaquillas en reto 3 semanas antes del parto; PH2 = pH urinario promedio de vacas y vaquillas en reto 2 semanas antes del parto; PH1 = pH urinario promedio de vacas y vaquillas en reto en la semana del parto.

De acuerdo con los resultados del modelo de regresión logística, los factores de riesgo que incrementan la probabilidad de que las becerras presenten pH urinarios menores a 6.0 son el estrés calórico, en este caso que los valores del ITH máximos del día de nacimiento sean de 78 o mayores incrementaron la probabilidad 1.33 veces. Así como que la acidificación de las vacas y vaquillas dos semanas antes del parto donde se observen valores de 5.7 o menores, incrementaron 4.02 veces la probabilidad.

Cuadro 2. Resultados del modelo de regresión logística para las variables asociadas con el riesgo de que las becerras (n = 102) presenten valores menores a 6.0 de pH en orina al segundo día de edad.

Factor de riesgo	OR	IC 95%	Valor de P
ITH máximo	1.33	(0.10 a 0.46)	0.0022
PH3	4.44	(-1.68 a 0.06)	0.0692
PH2	4.02	(-1.69 a -0.13)	< 0.0001
PH1	7.10	(-0.92 a 0.24)	0.2508

ITH = índice de temperatura y humedad. PH3 = pH urinario promedio de vacas y vaquillas en reto 3 semanas antes del parto; PH2 = pH urinario promedio de vacas y vaquillas en reto 2 semanas antes del parto; PH1 = pH urinario promedio de vacas y vaquillas en reto en la semana del parto.

Conclusiones

Si bien aún falta generar información sobre los efectos a largo plazo de valores de pH urinario menores a 6.0 en las becerras a los dos días de edad, y los cuales son indicativos de acidosis metabólica; la presente información permite establecer que acidificar las raciones de las vacas y vaquillas preparto si tiene efecto sobre el pH urinario de las crías. Adicionalmente, las condiciones de estrés calórico también favorecen condiciones de acidosis metabólica en las becerras recién nacidas.

Fuente financiadora

INIFAP 2043335556 “Sistema de procesos para la mejora de la crianza de becerras y vaquillas de reemplazo en establos lecheros”, 1310377057 “Lácteos Nuevo León, asesoría para la mejora del proceso de crianza de becerras y vaquillas”.

Referencias bibliográficas

1. Hulbert, L.E. and S.J. Moisá. 2016. Stress, immunity, and the management of calves. J. Dairy Sci. 99:3199-3216.
2. López Hernández, N. A., Martínez Sifuentes, A. R., Halecki, W., Trucíos Caciano, R., & Rodríguez Moreno, V. M. (2025). An Assessment of the Impact of Climate Change on Maize Production in Northern Mexico. Atmosphere, 16(4), 455. https://doi.org/10.3390/atmos16040455
3. Maruta, C.A., M. A. do Rego Real, D. M. Netto, C. S. Mori, A. C. Antonelli, and E. L. Ortolani. 2008. The measurement of urine pH to predict the amount of buffer used in the treatment of acute rumen acidosis in cattle. Ciência Animal 38:712-722.
4. Melendez, P., and P. K. Chelikani. 2022. Review: Dietary cation-anion difference to prevent hypocalcemia with emphasis on over-acidification in prepartum dairy cows. Animal 16: 100645.
5. Westhoff, T. A., T. R. Overton, and S. Mann. 2023. Epidemiology of bovine colostrum production in New York Holstein herds: prepartum nutrition and metabolic indicators. J. Dairy Sci. 106: 4896-4905.

ACTIVIDAD ANTIHELMINTICA DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *Arceuthobium globosum* CONTRA HUEVOS DE NEMÁTODOS GASTOINTESTINALES DE CAPRINOS.

Marlene Alondra Suarez-Olvera[1], Adrián Zaragoza-Bastida[1], Daniel Melo-Guzmán[1], Juan José Hernandez-Ruiz[1], Carolina Guadalupe Sosa-Gutierrez[1], Nallely Rivero-Perez[1]

[1]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

*Autor para correspondencia: nallely_rivero@uaeh.edu.mx

Palabras clave: *Arceuthobium globosum,* Extracto hidroalcohólico*, Nemátodos gastrointestinales*.

Introducción

Las infecciones causadas por parásitos gastrointestinales, son el principal problema de salud en la producción de pequeños rumiantes en el mundo. (Munguía *et al.,* 2018). Lo principales NGI en pequeños rumiantes en México son *Haemonchus contortus, Teladorsagia circumcincta, Trichostrongylus colubriformis, Teladorsagia circuncincta, Cooperia* spp*., Oesophagostomum, Trichuris ovis,* y *Bunostomum* spp. Estos parásitos se presentan de manera simultánea provocando cuadros clínicos de menor a mayor grado de severidad, esto dependiendo de la edad y estado nutricional del animal (Reyes-Guerrero *et al.,* 2021).

Para el control de éstos parásitos existen actualmente en el mercado una gran cantidad de químicos comerciales, que no han sido utilizados correctamente, respecto a la dosis, frecuencia de uso o fin específico lo cual ha generado el aumento de resistencia a dichos ingredientes activos, propiciando así la necesidad de desarrollar alternativas para el control y tratamiento de parásitos (Moreno *et al*., 2010).

El uso de tratamientos o alternativas no convencionales para el control de parásitos, como los principios activos, con propiedades antihelmínticas, obtenidos a partir de plantas medicinales en lo últimos años se ha considerado como una estrategia prometedora (Moreno *et al*,. 2010). *Arceuthobium globosum* es considerado como una planta parasita (hemiparasita) de arboles
maderables y frutales asociada con grandes pérdidas económicas (Colín, 2017). *A. globosum* es considerado como el más abundante de los muérdagos enanos; en México se distribuye en Ciudad de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, México, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz e Hidalgo (Sánchez, 2017).

Estudios previos han demostrado que algunas especies de muérdago poseen propiedades anticancerígenas, antioxidantes, antifúngica, antihipertensivas, hipolipemiantes, antioxidantes, inmunomoduladoras y antibacterianas, asociadas con contenido de lectinas, viscotoxinas, polisacáridos y algunos compuestos como el ácido hidroxicinámico (Sánchez, 2017).

Dado a lo antes descrito el objetivo del presente estudio fue determinar la actividad antihelmíntica del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* contra huevos de nemátodos gastrointestinales de caprinos.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio experimental y cuantitativo para evaluar la actividad antihelmíntica del extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* frente a huevos de NGI de caprino.

Obtención y preparación del extracto

Se colectó Arceuthobium globosum en el municipio de Singuilucan, Hidalgo, México, ubicada a 19º 59` 55.5` de latitud Norte, 98º 29` 27.57`de longitud Oeste (INEGI, 2017). El material fresco se secó a temperatura ambiente en ausencia de luz, posteriormente se maceró el material vegetal (100 g) en 250 mL de una solución hidroalcohólica (70 % agua, 30% metanol), durante 72 horas a temperatura ambiente. Posteriormente, la mezcla se filtró y concentró a presión reducida en una rota evaporador (Rivero-Pérez *et al*., 2019).

Material biológico

Para la obtención de huevos de NGI se recolectaron muestras fecales directamente del recto de 94 caprinos de una unidad de producción ubicada en el municipio de Acatlán, Hidalgo, que corresponde a las coordenadas geográficas 20º8’44’’ de latitud norte y 98º26’24’’ de longitud oeste (INEGI, 2017). Las muestras se transportaron a temperatura de refrigeración al laboratorio de bacteriología de la Universidad

Autónoma del Estado de Hidalgo, para la identificación y se cuantificaron huevos por gramo de heces (HPG), mediante la técnica de Mac Master descrita por (Rivero-Pérez *et al*., 2018).

Recuperación del material biológico

Mediante la metodología descrita por (Von Son-de Fernex *et al*., 2015), se lavaron 30 gramos de heces con agua destilada en los tamices de 200, 100, 75 y 37 µm. En el tamiz de 37 µm donde quedo material retenido se lavó con 6 mL de solución salina saturada y se centrifugo a 3,500 rpm por 5 minutos. Para poder obtener huevos libres de materia orgánica y solución salina, el sedimento fue lavado en 3 ocasiones diferentes utilizando agua destilada, para así poder obtener una solución de huevo limpio para el montaje del bioensayo.

Prueba de inhibición de la eclosión de huevo (IEH)

En una placa de 96 pozos se agregó 50 µL de agua destilada con 150 huevos aproximadamente más 50 µL de cada concentración a evaluar, con cuatro repeticiones. Se utilizaron dos controles positivos, el primero fue Ivermectina (5mg/mL) y el segundo fue Tiabendazol (0.1mg/mL). Se utilizó como control negativo agua destilada. Finalmente se colocó la placa en una cámara de humedad constante y se incubo a 30ºC durante 48 horas. Después de la incubación, se cuantifico el número de huevos sin eclosionar y larvas L1 por pocillo, de esta manera calculando el porcentaje de inhibición de la eclosión descrita por Castillo-Mitre y colaboradores (Castillo– Mitre *et al.,* 2017).

$$\%\ de\ inhibicion\ de\ la\ eclosion = \frac{L1}{L1 + Huevo} * 100$$

Donde L1 es igual a larva 1.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron mediante un diseño completamente aleatorizado a través de ANOVA utilizando el modelo lineal general (GLM). Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante el análisis estadístico de comparación múltiple de Tukey en el nivel de significancia igual al 95% utilizando el programa Minitab 18.

Resultados y discusion

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de inhibición de la eclosión de huevo, se observó que las concentraciones evaluadas de 100 a 3.12 mg/mL inhibieron 89.83, 65.69, 62.22, 42.64, 35.13, 34.43%, respectivamente, como se observa en el Cuadro 1., el extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum*, produjo un mejor porcentaje de inhibición de la eclosión que Tiabendazol, sin presentar diferencias estadísticas significativas con esta molécula.

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición de la eclosión de huevos (%IEH) de nematodos gastrointestinales de caprinos expuestos a un extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum*

Tratamientos	Promedio de huevos y larvas recuperados		%IEH ± d.e
	Huevos	Larvas	
Agua destilada	144	15.25	9.54±3.27^{g}
Tiabendazol (0.1 mg/mL)	1.75	172	69.53±0.52^{c}
Ivermectina (5mg/mL)	0	138.25	98.02±1.40 ^{a}
Extracto hidroalcohólico de Arceuthobium globosum. (%)			
100	17	2	89.83±2.22 ^{b}
50	86	48.75	65.69±0.18 ^{c,d}
25	34.75	22.75	62.22±2.34 ^{d}
12.5	44	61	42.64±1.04 ^{e}
6.25	35.5	59.75	35.13±1.04 ^{f}
3.12	67.75	115.75	34.43±0.32 ^{f}

$^{a,b,c,d,\ e,f}$ Medias dentro de la misma columna con distinta literal indican diferencia estadística. d.e= desviación estándar.

Son pocos los estudios en los cuales se reporta la actividad antihelmíntica de plantas parásitas incluidos algunos muérdagos, sin embargo en un estudio previo se documentó la actividad antiparasitaria de *Striga harmonthica* y *Tapinanthus sessifolius,* en dicho estudio se determinó que los extractos presentaron actividad *in vitro a* concentraciones de entre 200.5 y 274.8 µg/mL sobre *Plasmodium* spp (Okpako y Ajaiyeoba, 2004), a pesar de que en dicho estudio se evaluaron especies parasitas distintas a la reportada en el presente estudio, dicho reporte respalda nuestros resultados al demostrarse que las plantas parásitas poseen actividad antiparasitaria

Con respecto a la composición fitoquímica de *A. globosum* se ha reportado que los muérdagos poseen un alto contenido del tipo flavonoide, identificando compuestos como el ácido clorogénico, luteolina, quercetina, apigenina, e isoramnetina (García-García *et al*., 2021; Simirgiotis *et al*., 2016). También se ha reportado la presencia de polifenoles, flavonoides glicosilados, glucósido de quercetina, cinamatos, cumarinas, ácido ferúlico, cumaroato, naringenina, ácido protocatéquico y naringina en la especie de *Arceuthobium,* en este caso el género *vaginatum*. *A. oxycedri* y *A. americanum* se han descrito compuesto fenólicos lo cual que han demostrado actividad antibacteriana y antifúngica (Becerril *et al*., 2024). Es posible sugerir que la actividad antihelmíntica reportada en el presente estudio está asociada con la presencia de este tipo de compuestos, sin embargo, será necesario, realizar estudios posteriores en los cuales se determine el o los compuestos de la actividad antihelmíntica.

Conclusion

El extracto hidroalcohólico de *Arceuthobium globosum* posee actividad antihelmíntica contra huevos de nematodos gastrointestinales de caprino, por lo tanto, podría ser considerada como alternativa de control en la enfermedad causada por dicho parásito.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, al Instituto de Ciencias Agropecuarias y a los que me apoyaron para llevar a cabo este presente proyecto de investigación. Este proyecto fue financiado con recursos propios.

Referencias bibliográficas

1. García-García, J. D., Anguiano-Cabello, J. C., Arredondo-Valdés, R., Candido Del Toro, C. A., Martínez-Hernández, J. L., Segura-Ceniceros, E. P., Govea-Salas, M., González-Chávez, M. L., Ramos-González, R., Esparza-González, S. C., Ascacio-Valdés, J. A., López-Badillo, C. M., & Ilyina, A. (2021). Phytochemical Characterization of *Phoradendron bollanum* and *Viscum album* subs. *austriacum* as Mexican Mistletoe Plants with Antimicrobial Activity. *Plants*, *10*, 1299. https://doi.org/10.3390/plants10071299
2. Simirgiotis, M. J., Quispe, C., Areche, C., & Sepúlveda, B. (2016). Phenolic Compounds in Chilean Mistletoe (Quintral*, Tristerix tetrandus*) Analyzed by UHPLC–Q/Orbitrap/MS/MS and Its Antioxidant Properties. *Molecules, 21*, 245. https://doi.org/10.3390/molecules21030245
3. Rivero-Perez, N., Hernández-Alvarado, J. L., Valladares-Carranza, B., Delgadillo-Ruiz, L., Ojeda-Ramírez, D., Sosa-Gutiérrez, C. G.,. . . Zaragoza-Bastida, A. (2019). Salix babylonica L. as a Natural Anticoccidial Alternative in Growing Rabbits. Evid Based Complement Alternat Med, 2019, 2107231. doi:10.1155/2019/2107231
4. Okpako, L. C., & Ajaiyeoba, E. O. (2004). In vitro and in vivo antimalarial studies of Striga hermonthica and Tapinanthus sessilifolius extracts. *African journal of medicine and medical sciences*, *33*(1), 73–75.
5. Sección a la que va dirigida: Pecuaria, b) salud animal, diagnostico, control y epidemiologia

RELEVANCIA DEL PERRO COMO VECTOR POTENCIAL DE *GIARDIA INTESTINALIS* EN GANADO Y PERSONAS.

Nerina Patricia Veyna-Salazar[1*], Fernando-Pérez-Peñaloza[2], Germinal Jorge Cantó-Alarcón [1], Marina Durán-Aguilar[1], Atzimba Tamara Huerta-Magallanes[2].

[1]Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.
[2]Maestría en Salud y Producción animal Sustentable. Facultad de Ciencias Naturales. UAQ.

*Autor para correspondencia: nerina.veyna@uaq.mx

Introducción

Giardia duodenalis (syn. *Giardia lambia, Giardia intestinalis*) es un protozoario que comúnmente causa diarrea en humanos y otros mamíferos en todas partes del mundo. El parásito es la causa más común de brotes de diarrea transmitidos por agua en los EE.UU. (Barwick et al., 2000) y ocasionalmente se ha aislado en brotes de diarrea producida por alimentos (CDC, 1989). sus síntomas más comunes incluyen enteritis y diarrea, además que en animales de producción la giardiosis tambien produce sindrome de mala absorción, pérdida de peso, evacuaciones anormales y por consiguiente, mala conversión alimenticia y pérdidas económicas para el productor (Aloiso et al., 2006). En animales de producción se han reportado prevalencias que van del 5.1% en bovinos y 11.3% en ovinos en el centro del país (Otero-Negrete, 2011). El hecho de que *Giardia* pueda infectar a humanos y animales domésticos, eleva la preocupación en relación al riesgo en salud pública a partir de animales domésticos (Thompson et al., 2008).

La giardiasis ha sido reconocida como una zoonosis por muchos investigadores desde hace más de 30 años (Buret et al., 1990; Faubert, 1988; Thompson et al., 1988), basado en la falta de huésped específico de varios aislados en estudios de transmisión cruzada, además de encontrar formas genéticamente idénticas en humanos y animales (Wellong et al., 2021).

Materiales y métodos

En el presente estudio y a partir de lo informado por Godínez et al., en el 2019, el tamaño de muestra se calculó con la siguiente fórmula, atribuyendo una prevalencia del 25% de perros con presencia de *Giardia duodenalis*, un nivel de confianza del 95% y un error esperado del .05%.

Las muestras de heces de todos los animales en estudio provinieron de las dos unidades que la Dirección de Protección, Cuidado y Control Animal cuenta en estado de Querétaro. La Unidad de Control Animal Municipal (UCAM), cuyo objetivo es promover y ejecutar acciones en materia de salud pública para prevenir enfermedades zoonóticas y agresiones de la población, ocasionadas por perros y gatos y la Unidad Municipal de Atención Animal de Querétaro (UMAANQ), cuya función es promover servicios veterinarios a bajo costo, con el objetivo de fortalecer el bienestar animal en el municipio de Querétaro. En total se obtuvieron 173 muestras provenientes de la UCAM y 148 provenientes de la UMAANQ. Para determinar la frecuencia del parásito se realizó un análisis coproparasitoscópico.

Resultados y discusión

Se obtuvieron un total de 321 muestras de heces de las cuales se observó una frecuencia general a la presencia de quistes de *G. intestinalis* del 22.43% lo que coincide con lo observado por Godinez-Galaz *et al*., (2018) en Querétaro; López et al., (2006) en Chile, Biancardi et al., (2004) en Italia; Sotelo et al., (2013) en Perú, Ferreira et al., (2011) en Portugal, pero difiere a lo observado en México por Jiménez-Cardoso et al., (2010) con el 7% y Ponce-Macotela et al., (2005) con el 47%.

De la UCAM del total de 173 muestras 29 presentaron la presencia de quistes (15.0%), mientras que de la UMAANQ de un total de 148 muestras 46 fueron positivos a la presencia de quistes (31.0%). El análisis estadístico mediante la prueba de Xi^2 mostró una diferencia estadística ($p<0.05$) (Cuadro 1). Estos resultados pueden ser debidos a las funciones que realizan ambas unidades de atención animal; mientras que en la UCAM los animales permanecen aislados y por tiempo reducido (días) en las instalaciones, en la UMAANQ los animales permanecen en grupo por varias semanas hasta que son adoptados, lo que podría favorecer la transmisión del protozoario (Huber et al., 2005).

Cuadro 1. Análisis de los resultados de la presencia de quistes de Giardia intestinales entre la UCAM y la UMAANQ mediante la prueba de Xi^2

	Positivos	Negativos	Frecuencia	P value
UCAM	26	147	15.0	0.0005
UMAANQ	46	102	31.0	

En relación a la frecuencia del protozoario en hembras y machos, del 20% y 24% respectivamente se observó que no hubo diferencias estadísticas (p>0.05) (Cuadro 2). Así mismo al comparar la edad de los animales no se observaron diferencias estadísticas entre animales menores y mayores a los 6 meses de edad (p>0.05) (Cuadro 2). Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Bugg et al., (1999) y Godínez-Galaz et al., (2018) en donde los autores reportaron diferencias entre cachorros y adultos.

Cuadro 2 Análisis de los resultados de la presencia de quistes de Giardia intestinalis en perros por edad y sexo.

		Positivo	Total	Frecuencia %	Valor de P
Edad	< 6 meses	20	68	29%	P>0.05
	≥ 6 meses	52	253	20%	
Sexo	Macho	39	160	24%	P>0.05
	Hembra	33	161	20%	

Con respecto a la consistencia de las heces se observó que 113 de las muestras presentaron consistencia pastosa o diarreica mientras que 208 tuvieron consistencia firme. Se observó una diferencia estadística p<0.05 entre la presencia del protozoario con relación a la consistencia pastosa de las heces con respecto a la consistencia firme (Cuadro 3). De igual manera esto fue observado en las dos unidades de municipales, en la UMAANQ se observó una diferencia significativa p=0.0003 (Cuadro 3) entre los animales que presentaron las heces pastosas contra aquellos que presentaron las heces firmes, mientras que en la UCAM la diferencia fue menor aunque significativa p=0.03 (Cuadro 3). Estos resultados son similares a lo observado por Itoh et al., (2006) y Godinez-Galaz et al., (2018). El hecho de que se presentaran animales positivos al protozoario en heces de consistencia firme nos indica que aunque la presencia de *Giardia* es importante en la consistencia de las heces, la presencia de diarrea o heces de consistencia pastosa no es exclusiva del protozoario y que son otras muchas causas las que la ocasionan.

Cuadro 3. Análisis de la presencia de quistes de *Giardia intestinalis* en heces firmes y pastosas de perros localizados en las unidades municipales de control y atención animal del municipio de Querétaro

Consistencia de las heces	General			UCAM			UMAANQ		
	Positivo	Negativo	P value	Positivo	Negativo	P value	Positivo	Negativo	P value
Pastosa	36	77	0.004	16	57	0.03	20	20	0.003
Firme	37	171		10	90		27	81	
TOTAL	73	248		26	147		47	101	

Conclusiones

El presente estudio mostró un alta frecuencia de perros con la presencia de quistes del protozoario *Giardia intestinalis,* demostrando, por los resultados obtenidos en la Unidad Municipal de Atención Animal de Querétaro, donde los animales son mantenidos por espacio de tiempos largos y en áreas comunes, que la transmisión del protozoario y por ende la frecuencia es mucho mayor que en la Unidad de Control Animal Municipal, donde los animales permanecen solo por días y en espacios individuales hasta que son eutanaciados.

Al ser la UMAANQ un lugar en donde los perros son puestos en adopción, la alta frecuencia obtenida en este estudio, incrementa el riesgo de infección por *Giardia* en humanos, así cómo el riesgo de infección hacia otros perros que asisten a consultas en dicho centro.

La frecuencia de *Giardia* se observó que fue estadísticamente superior en los perros que presentaban heces pastosas o diarreicas; sin embargo, la presencia de estas heces diarreicas o pastosas en animales que no presentaron el protozoario nos indica que este tipo de heces no son ocasionadas exclusivamente por la presencia de *Giardia* y que estas tienen un origen multifactorial

La alta prevalenia obtenida en el presente estudio, hace evidente el riesgo que representa el PERRO como una posible fuente de infección hacia los humanos y demás animales con los que puede llegar a convivir.

Agradecimientos
A los centros municipales que nos permitieron posible este estudio

Referencias bibliográficas

1. Barwick, R.S., Levy, D.A., Braun, G.F., Beach, M.J., Calderon, R.L. (2000). Surveillance for water- borne disease outbreaks- United Sates, 1997-1998. Morb. Mortal Wkly Rep CDC Surveill Summ. 49 (554): 1 - 36.
2. Centers for disease Control (1989). Common- source outbreak of giardiasis- New Mexico. Morb. Moprtal. Wkly. Rep., 38: 405 - 407.
3. Aloiso, F., Filippini, G., Antenucci, P., Lepri, E., Pezootti, G., Caccio, S. (2006). Severe weight loss lambs infected with Giardia duodenalis assemblage B. Vet Parasitol 142: 154-158.
4. Thompson, A., Palmer, C., O'Handley, R. (2008) The Public Health and Clinical Significance of Giardia and Cryptosporidium in Domestic Animals. Vet J, 177: 18–25
5. Buret, A., Denltollander, N., Wallis, P.M., Befus, D., Olson, M.E. (1990). Zoonotic potential of giardiasis in domestic rumiants. J. Infect. Dis. 162 (1): 231 - 237.
6. Wellong, C., Ryan, U., Xiao, L., Feng, Y. (2021). Zoonotic giardiasis: an update. Parasitology, Res. 120: 4199 - 4218.
7. Godinez, E.J., Veyna, N., Olvera, A., Milian, F., Perea, C., Bernal, R., Cantó, G.J. Prevalence and zoonotic potential of *Giardia Intestinalis* in dogs of the central region of México. Animals. 9: 325 – 330.

FRECUENCIA Y FACTORES DE RIESGO DE *Cryptosporidium* SPP. EN CABRAS EN EL ESTADO DE QUERÉTARO.

Melisa Lachira-Maya[1], Nerina Patricia Veyna-Salazar[1]*, Marina Durán-Aguilar[1], Germinal Jorge Cantó-Alarcón[1], Héctor Raymundo Vera-Ávila[1], Atzimba Tamara Huerta-Magallanes[1].

[1] Laboratorio de Parasitología, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

*Autor para correspondencia: nerina.veyna@uaq.mx

Palabras clave. *Cryptosporidium* spp., Caprinos, Querétaro.

Introducción

Cryptosporidium spp. es el agente etiológico de la criptosporidiosis, una de las enfermedades entéricas más importantes en la producción caprina. Este patógeno puede causar signos como diarrea acuosa, dolor abdominal y deshidratación, las cuales pueden llevar a complicaciones en neonatos y huéspedes inmunocomprometidos. Sin embargo, esta infección también puede presentarse de forma asintomática (Paul *et al.*, 2014). Ambas formas de la enfermedad pueden continuar excretando ooquistes, lo que le da el potencial de seguir transmitiendo la enfermedad a otros animales o incluso a humanos. Además, debido al ciclo de vida del parásito el huésped puede presentar autoinfecciones, complicando aún más el control del parásito (Robertson *et al.,* 2009).

Aunque se conoce que *Cryptosporidium* está presente a nivel mundial, principalmente en países en desarrollo, los estudios epidemiológicos en cabras son limitados (Squire & Ryan, 2017). En México sólo se ha llevado a cabo un estudio previamente sobre la prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en pequeños rumiantes, pertenecientes a la ciudad Perote, Veracruz, México. Este estudio reportó una prevalencia en cabras del 72.5%, siendo de las más altas reportadas a nivel mundial (Romero-Salas *et al.*, 2016). No obstante, la información epidemiológica de esta enfermedad en el país sigue siendo escasa lo que resalta la necesidad de realizar más estudios sobre cómo afecta *Cryptosporidium* a la industria caprina de México. Por lo que el objetivo del estudio fue determinar la frecuencia y factores de riesgo (FR) asociados a *Cryptosporidium* spp. en caprinos del Estado de Querétaro.

Materiales y métodos

Diseño experimental. El estudio se llevó a cabo en los municipios de Corregidora, Huimilpan y El Marqués, en el estado de Querétaro. Se recolectaron un total de 278 muestras fecales de cabras mediante un muestreo por conveniencia, considerando la disponibilidad de los animales y el acceso a las unidades de producción caprina. La mayoría de los ejemplares pertenecían a la raza criolla, aunque también se incluyeron animales de las razas Alpina, Nubia y Murciano-Granadina. Los factores de riesgo (FR) considerados en el estudio fueron el sistema de producción (estabulado, semiestabulado y libre pastoreo) y la consistencia de las heces (firme o diarreica).

Análisis de muestras. Las muestras fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Para el diagnóstico de *Cryptosporidium* spp., se empleó la técnica de tinción de Ziehl-Neelsen modificada, según el protocolo descrito por Casemore *et al*. (1984).

Análisis estadísticos. Para determinar la frecuencia de infección y evaluar los factores de riesgo, se utilizó el software estadístico R (versión 4.3.1). La prevalencia general se calculó como el porcentaje de muestras positivas a *Cryptosporidium* spp. con respecto al total de muestras analizadas. De igual forma, se estimaron las prevalencias específicas por municipio. La asociación entre los posibles factores de riesgo y la presencia de *Cryptosporidium* spp. se evaluó mediante la prueba de chi-cuadrado (χ^2), utilizando la función chisq.test del software R.

Resultados y discusión

Se detectó la presencia de ooquistes de *Cryptosporidium* spp. en 47 de las 278 muestras analizadas, lo que representa una frecuencia general del 16.9 % en cabras del estado de Querétaro. A nivel municipal, la mayor frecuencia se registró en Huimilpan (19.2 %), seguida de El Marqués (17.9 %) y Corregidora (11.7 %). Estas diferencias podrían estar relacionadas con el manejo del ganado o los sistemas de producción utilizados en cada localidad.

Cuadro 1. Frecuencia de ooquistes de Cryptosporidium spp. en heces de cabras.

Grupo muestreado	Tamaño de la muestra	Muestras positivas	Frecuencia (%)
Estado			
Querétaro	278	47	16.9
Municipio			
Corregidora	60	7	11.7
El Marqués	140	25	17.9
Huimilpan	78	15	19.2

La frecuencia observada en este estudio fue considerablemente menor que la reportada por Romero-Salas et al. (2016) en el estado de Veracruz, donde se documentó una prevalencia del 72.5 %. Esta discrepancia puede atribuirse, en parte, a las diferencias en la edad de los animales muestreados, ya que en el estudio de Romero-Salas se incluyeron principalmente cabritos menores de tres meses, mientras que en el presente estudio la mayoría de las muestras correspondieron a cabras adultas.

La prueba de chi cuadrada mostró una relación significativa entre la presencia del parásito y los FR evaluados. La asociación significativa entre la consistencia de las heces y *Cryptosporidium* spp. sugiere que la diarrea aumenta la exposición de oocistos a otros animales del mismo establo. El sistema semiestabulado presentó una mayor proporción de animales positivos en comparación con los sistemas estabulados y de libre pastoreo. Esta mayor prevalencia puede atribuirse a la combinación de factores como el hacinamiento y la exposición a ambientes contaminados, lo que favorece la transmisión de *Cryptosporidium* spp. tanto por contacto directo entre animales como por contaminación ambiental.

Cuadro 2. Asociación entre Cryptosporidium spp. y los factores de riesgo (prueba de χ^2).

Factores de riesgo	Muestra positiva	Muestra negativa	Valor de p
Sistema de producción			
Estabulado	3	47	0.014
Semiestabulado	37	131	
Libre	7	53	
Consistencia de heces			
Diarrea	7	6	0.001

.

Formada	40	225	

Conclusión

Esta es la primera evidencia de la presencia de *Cryptosporidium* spp en hatos caprinos del estado de Querétaro y el segundo reporte a nivel nacional, lo que resalta la importancia de continuar con los estudios epidemiológicos para evaluar su impacto en la producción caprina del país. Además, se encontró que en los sistemas de producción semiestabulados existe un mayor riesgo de infección de criptosporidiosis. Se puede prevenir mediante la desinfección regular de las instalaciones, el correcto manejo de estiércol, suministro de calostro de calidad a los cabritos, separación de los animales por edades y tratamiento en casos confirmados de criptosporidiosis.

Agradecimientos

A los productores caprinos que participaron en el presente estudio, por la facilidades brindadas para la recolección de muestras.

Referencias bibliográficas

1. Noordeen, F., Rajapakse, R. P. V. J., Horadagoda, N. U., Abdul-Careem, M. F., & Arulkanthan, A. (2012). *Cryptosporidium*, an important enteric pathogen in goats – A review. Small Ruminant Research, 106(2-3), 77–82. doi:10.1016/j.smallrumres.2012.03
2. Paul S., Sharma D., Boral R., Mishra A., Nayakwadi S., Banerjee P. & Pawaiya R. (2014). Cryptosporidiosis in Goats: a Review. Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2. 49-54. doi:10.14737/journal.aavs/2014/2.3s.49.54
3. Robertson, L. J. (2009). Giardia and *Cryptosporidium* infections in sheep and goats: A review of the potential for transmission to humans via environmental contamination. Epidemiology and Infection, 137(7), 913-921. https://doi.org/10.1017/S0950268809002295
4. Romero-Salas D., Rodríguez-Vivas R. I., Cruz-Romero A., Aguilar-Domínguez M., Alarcón-Zapata M., Ojeda-Chi M., Flota-Burgos G. J. (2024). Prevalencia de *Cryptosporidium* spp. en becerros doble propósito de la zona centro de Veracruz, México. Revista MVZ Córdoba. 29(3):e3246. https://doi.org/10.21897/rmvz.3246
5. Squire, S. A., & Ryan, U. (2017). *Cryptosporidium* and Giardia in Africa: Current and future challenges. Parasites & Vectors, 10(1), 195. https://doi.org/10.1186/s13071-017-2111-y

.

SECCIÓN 9

Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología



"ORDEÑA DE VACAS EN LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL." */ Guillermo Martínez Velázquez*

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LAS UNIDADES FAMILIARES DE PRODUCCIÓN DE LECHE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO EN DOS MUNICIPIOS DE QUERÉTARO.

Elsa Angélica Contreras Contreras[1*], Esteban Valtierra Pacheco[2]

[1]CENID FyMA, [2]Colegio de Postgraduados

*Autor para correspondencia: contreras.elsa@inifap.gob.mx

Palabras clave: vulnerabilidad, sequia, cambio climático.

Introducción

El cambio climático constituye uno de los principales desafíos para la producción agropecuaria, particularmente en regiones caracterizadas por alta variabilidad climática y escasez hídrica. Entre los sistemas más vulnerables se encuentran las Unidades Familiares de Producción Lechera (UFPL), las cuales dependen intensamente de los recursos naturales y enfrentan limitaciones significativas para adoptar medidas de adaptación. En los municipios de El Marqués y Colón, Querétaro, los efectos del cambio climático —principalmente las sequías prolongadas, el aumento de temperaturas y la expansión urbana— han incrementado la fragilidad ambiental de estos sistemas. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad ambiental de las UFPL a través del análisis de prácticas relacionadas con el manejo del agua, el estiércol, la reducción de emisiones de metano y la adopción de Buenas Prácticas Ganaderas (BPG).

Materiales y métodos

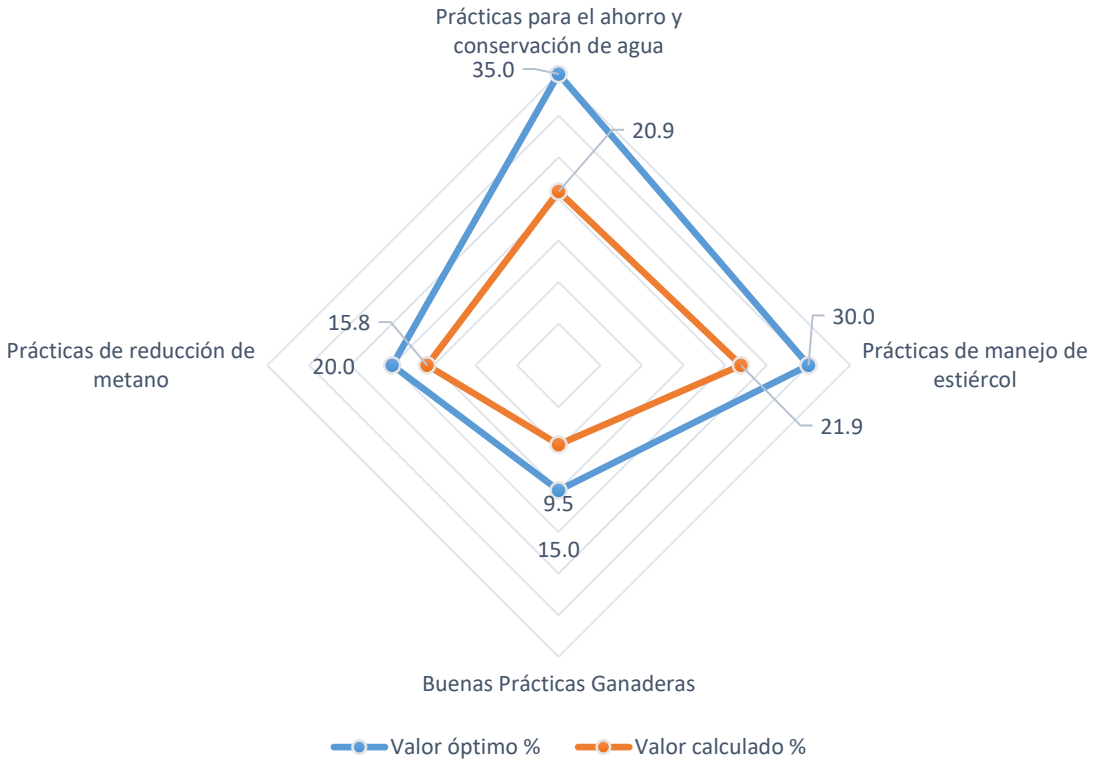
El estudio se desarrolló en los municipios de El Marqués y Colón, en el estado de Querétaro, México, en una microcuenca lechera representativa. Las UFPL seleccionadas destacan por su relevancia productiva, ubicación geográfica y grado de exposición a eventos climáticos extremos, particularmente la sequía.
Se empleó una metodología cuantitativa y descriptiva, mediante la aplicación de encuestas estructuradas a los productores. Con base en la información recabada, se construyó un Índice de Vulnerabilidad Ambiental (IVA), integrando cuatro criterios: manejo del agua, manejo del estiércol, reducción de emisiones de metano y aplicación de BPG. A cada indicador se le asignó un valor óptimo (condición deseable) y se contrastó con el valor observado, expresando el IVA final en porcentaje y clasificando la vulnerabilidad en niveles bajo, medio o alto.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en la evaluación del índice de vulnerabilidad ambiental reflejan importantes deficiencias en las prácticas de manejo en las Unidades Familiares de Producción Lechera (UFPL) de El Marqués y Colón, Querétaro. En primer lugar, el manejo para el ahorro y conservación de agua muestra que solo el 20.9% de los productores realiza acciones para conservar este recurso, muy por debajo del valor ideal del 35% de productores que no implementan estas prácticas. Este déficit en la gestión del agua resalta como un factor crucial en la alta vulnerabilidad ambiental de las UFPL, especialmente considerando los problemas recurrentes de escasez hídrica en la región. En relación con el manejo de estiércol, la situación es igualmente preocupante, ya que el 21.9% de los productores no implementa ningún tratamiento al estiércol, mientras que el valor ideal se encuentra en un 30%. Esta falta de manejo adecuado del estiércol contribuye a la contaminación del medio ambiente y la emisión de gases de efecto invernadero. En cuanto a las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG), solo el 9.5% de los productores las implementa, frente a un valor ideal del 15%, lo que refleja un bajo nivel de adopción de prácticas sostenibles en la ganadería. Además, en cuanto a las **prácticas de reducción de metano**, el 15.8% de los productores no lleva a cabo medidas para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, aunque el valor ideal en este caso es de un 20%. A pesar de que el valor calculado se encuentra por debajo del umbral ideal, todavía existe un margen para mejorar las prácticas de mitigación. En términos generales, la **vulnerabilidad ambiental total** de las UFPL alcanza un alarmante 68.1%, muy por debajo de los valores ideales que aspirarían a una situación de resiliencia total ante los riesgos ambientales. Estos resultados evidencian la necesidad urgente de implementar estrategias de manejo más sostenibles, tanto a nivel productivo como institucional, para

reducir la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de adaptación de las UFPL a los desafíos ambientales, como la escasez de agua y las sequías prolongadas.

Figura 1. Comparación entre los valores óptimos y calculados de la categoría ambiental del ICV de las UFPL en El Marqués y Colón, Querétaro.



Fuente: elaboración propia.

Territorialmente, se observan diferencias relevantes. El Marqués muestra mayor vulnerabilidad debido a la presión ejercida por el crecimiento urbano e industrial, que ha reducido la disponibilidad de recursos y transformado el uso del suelo. Por su parte, Colón mantiene características más rurales, lo cual ha permitido conservar en mayor medida las prácticas tradicionales de producción.

Conclusiones

El diagnóstico realizado permitió evidenciar un alto nivel de vulnerabilidad ambiental en las UFPL de El Marqués y Colón, con un índice promedio del 68.1 %. Esta vulnerabilidad está directamente relacionada con la ausencia de prácticas adaptativas frente al cambio climático, en particular la escasa conservación del agua, el manejo deficiente del estiércol y la falta de estrategias para reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

Aunque existe cierto conocimiento de las Buenas Prácticas Ganaderas por parte de los productores, su implementación es limitada, lo que representa tanto un desafío como una oportunidad para mejorar la sostenibilidad de los sistemas lecheros. La adopción de estas prácticas, junto con tecnologías accesibles como la captación de agua pluvial y el uso eficiente del estiércol, podría reducir significativamente la vulnerabilidad ambiental de las UFPL.

Se concluye que es necesario impulsar estrategias integrales de intervención que incluyan capacitación técnica continua, apoyos institucionales y una mayor coordinación entre actores locales, gubernamentales y de investigación. Solo mediante un esfuerzo articulado será posible fortalecer la resiliencia ambiental y productiva de las UFPL en regiones vulnerables como las estudiadas.

.

Referencias bibliográficas

1. Galindo, Juana, Niurca González, Areadne Sosa, T. Ruíz, Verena Torres, Ana Irma Aldana, H. Díaz, Onidia Moreira, Lucía Sarduy, y Aida Noda. (2011). Efecto de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray (botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones in vitro. Rev. Cub. Cienc. Agríc. Vol. 45, pp. 33-37.
2. Gómez-Rosales, Sergio, Ángeles María Lourdes, Juan Becerra y José Antonio Espinosa-García. (2009). Estrategias para el reciclaje de excretas animales y producción de abonos orgánicos. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP-SAGARPA. Publicación Técnica No. 10, Colón, Querétaro. 52 p.
3. Romero-Peñuela, Marlyn Hellen y Jorge Alberto Sánchez-Valencia. (2011). Evaluación de las buenas prácticas ganaderas en bovinos de carne en el centro de Caldas. Biosalud, Vol. 10, Núm. 1, pp. 52-60.
4. Rueda-Quiroz, Laura D., Luis Brunett-Pérez, Enrique Espinosa-Ayala y Tizbe T. Arteaga-Reyes. (2015). Gestión hídrica en el sistema familiar lácteo de la subcuenca Amecameca en el Estado de México. Agricultura, sociedad y desarrollo. Vol. 12. Núm. 2, pp. 165-179.
5. Steinfeld, Henning, Pierre Gerber, Tom Wassenaar, Vincent Castel, Mauricio Rosales y Cees de Haan. (2009). La Larga sombra del Ganado. Problemas ambientales y opciones. FAO, Roma. 493 p.

CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIAR DE LECHE EN EL ESTADO DE QUERÉTARO.

Elsa Angélica Contreras Contreras[1*], Esteban Valtierra Pacheco[2]

[1]CENID FyMA, [2]Colegio de Postgraduados

*Autor para correspondencia: contreras.elsa@inifap.gob.mx

Palabras clave: producción familiar, tecnología, organización.

Introducción

En el estado de Querétaro, particularmente en los municipios de El Marqués y Colón, los pequeños productores enfrentan desafíos relacionados con el envejecimiento de la población productora, el acceso limitado a recursos como el agua y la tierra, y la falta de organización para mejorar sus condiciones de producción y comercialización. A pesar de ello, estos sistemas siguen siendo una fuente importante de empleo, seguridad alimentaria y transmisión de conocimientos generacionales.

En este contexto, es crucial comprender las características y dinámicas que configuran las unidades familiares de producción lechera (UFPL), para diseñar estrategias más eficaces de apoyo técnico y políticas públicas diferenciadas que fortalezcan su sostenibilidad. El objetivo de este estudio es caracterizar y tipificar los sistemas de producción familiar de leche en el estado de Querétaro, a fin de identificar los factores que inciden en su funcionamiento y proponer acciones que mejoren su viabilidad social, económica y productiva.

Materiales y métodos

El presente estudio se desarrolló en los municipios de El Marqués y Colón, ubicados en el estado de Querétaro. La investigación se enfocó en las Unidades Familiares de Producción Lechera (UFPL), seleccionando a pequeños productores con hatos de 50 vacas o menos. Este criterio permitió centrar el análisis en sistemas que, si bien no son de subsistencia, sí enfrentan condiciones de vulnerabilidad productiva y económica.

Se utilizó un enfoque metodológico mixto, integrando herramientas cualitativas y cuantitativas para la recolección y análisis de la información. Las herramientas metodológicas empleadas fueron entrevistas semiestructuradas aplicadas directamente a los responsables de las UFPL y observación directa en campo. Los datos fueron sistematizados y organizados en cuadros de frecuencia y porcentaje. Esta información permitió identificar patrones comunes entre los productores y caracterizar las UFPL, lo cual sirvió como base para su tipificación. El análisis consideró la heterogeneidad interna de los sistemas productivos, con el fin de reconocer las necesidades particulares de cada grupo de productores.

Resultados y discusión

Los resultados de la caracterización de las UFPL en los municipios de El Marqués y Colón muestran una estructura productiva y social marcada por la heterogeneidad, pero también por condiciones comunes que inciden en la viabilidad de estos sistemas.

Desde el punto de vista sociodemográfico, se identificó que la mayoría de los productores son hombres (87.7 %) con edades superiores a los 50 años (65.2 %), lo que evidencia un envejecimiento del sector productivo. Este factor representa un riesgo para la continuidad de la actividad, especialmente cuando se combina con la falta de relevo generacional y la disminución de la capacidad física para realizar labores intensivas. La escolaridad predominante es la básica (primaria y secundaria), lo que puede limitar la apropiación de tecnologías y la adaptación a nuevas condiciones de mercado, aunque se observó disposición al cambio entre productores jóvenes, incluso sin escolaridad formal (Roco-Fuentes et al., 2012), En cuanto a la experiencia, el 40.3 % de los encuestados cuenta con más de 25 años dedicados a la producción de leche, lo que refleja un fuerte arraigo familiar a la actividad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Perfil de los productores responsables de la UFPL en El Marqués y Colón.

Variable	Categoría	Porcentaje
Edad	Entre los 20 y 40 años	15.3
	Entre los 41 y 50 años	19.2
	Entre los 51y 60 años	30.7
	Entre 61 y 70 años	26.9
	Más de 71 años	7.6
Sexo	Femenino	12.2
	Masculino	87.7
Grado de escolaridad	Primaria	46.1
	Secundaria	34.6
	Bachillerato o carrera técnica	13.4
	Universidad	5.7
Años dedicados a la producción	Menos de 5 años	7.6
	Entre 6 y 15 años	25.0
	Entre 16 y 25 años	26.9
	Más de 25 años	40.3

Fuente: elaboración propia.

En lo productivo, el número promedio de vacas por unidad es de 17, este tamaño de hato permite un manejo familiar, aunque limita el aprovechamiento de economías de escala. La mayoría de las UFPL están establecidas en tierras ejidales con acceso a riego (40.3 %), mientras que otros productores rentan tierras o dependen del temporal, lo cual condiciona la capacidad de producir forraje y afecta los costos de alimentación. La alimentación del ganado se basa principalmente en mezclas de forrajes (36.5 %), sin prácticas de pastoreo debido al sistema estabulado que predomina. Este sistema implica mayores costos en insumos alimenticios, pero permite un control más preciso de la producción (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características generales de las UFPL.

Variable	Categoría	Porcentaje
Tipo de propiedad de la UFPL	Ejidal riego	40.3
	Ejidal temporal	32.6
	Rentado riego	27.1
	Rentado temporal	0.0
Numero de vacas lecheras en producción	10 o menos	30.7
	Entre 11 y 20	46.2
	Entre 21 y 30	17.3
	Entre 31 y 40	5.8
	41 o más	0.0
Tipo de alimentación	Mezcla de forrajes	36.5
	Concentrado	24.9
	Silo	18.3
	Otros	11.5

En el plano económico, el 57.6 % de los productores vende su leche a queserías locales y el 42.3 % a Liconsa. Sin embargo, solo el 40 % procesa su propia leche para elaborar quesos, lo que limita la generación de valor agregado. La mayoría realiza compras de insumos de manera individual, principalmente dentro del estado, lo que incrementa sus costos y evidencia la falta de organización para compras colectivas. Además, el 46 % de las unidades contrata mano de obra, a pesar de tratarse de sistemas familiares, lo que refleja cambios en la dinámica rural y la necesidad de apoyo externo para sostener la actividad (Cuadro 3).

.

Cuadro 3. Características socioeconómicas de las UFPL.

Variable	Categoría	Porcentaje
Destino de venta de la leche	Liconsa	42.3
	Quesería local	57.6
Compra de insumos	Dentro del estado	53.8
	Municipio	26.9
	Otro productor	19.2
Contrata mano de obra	Sí	46.0
	No	54.0
U.P. que elaboran quesos	Sí	40.0.
	No	60.0

Fuente: elaboración propia.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que señalan la vulnerabilidad estructural de los pequeños productores lecheros ante factores como el acceso limitado a recursos, la escasa incorporación tecnológica y la baja organización social (Martínez-Godoy, 2020).

Conclusiones

El estudio permitió evidenciar que las Unidades Familiares de Producción Lechera (UFPL) en El Marqués y Colón, Querétaro, presentan una estructura productiva marcada por la pequeña escala, el carácter familiar del trabajo y la limitada adopción tecnológica. A pesar de ello, mantienen niveles productivos competitivos, lo que refleja la experiencia acumulada por los productores y su capacidad de adaptación en contextos adversos. Sin embargo, la sostenibilidad de estas unidades se ve amenazada por factores como el envejecimiento de los productores, el escaso valor agregado a la leche, la falta de organización para la compra de insumos y la dependencia de recursos naturales como el agua de riego. La caracterización y tipificación realizada permite reconocer estos retos y orientar estrategias de intervención diferenciadas.

Referencias bibliográficas

1. Arriaga-Jordán, Carlos Manuel, Angélica Espinoza-Ortega, Heydi Rojo-Guadarrama, José L. Valdés-Martínez, Ernesto Sánchez-Vera y Steve Wiggins. (1999). Aspectos socioeconómicos de la producción campesina de leche en el valle de Toluca: I. Evaluación económica inicial. Agrociencia. Vol. 33, Núm. 4, pp. 457-461.
2. Martínez-Godoy, Diego. (2020). ¿La desterritorialización, una noción para explicar el mundo rural contemporáneo? Una lectura desde los Andes Ecuatorianos. Economía, Sociedad y Territorio. Vol. 20, Núm. 62, pp. 215-240.
3. Roco-Fuentes, Lisandro, Alejandra Engler-Palma y Roberto Jara-Roja. (2012). Factores que influyen en la adopción de tecnologías de conservación de suelos en el secano interior de Chile Central. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. Vol. 44, Núm. 2, pp. 31-45.

ACERCAMIENTO AL ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS EN EL AÑO 2024.

Diana Ramírez Álvarez*[1], Arturo García Fraustro[1]

[1]Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, Campo experimental Mocochá CIR Sureste-INIFAP

*Autor para correspondencia: cienciaspecuarias@inifap.gob.mx

Palabras clave: publicación, bibliometría, revista pecuaria.

Introducción

El estudio de la producción científica implica la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos para analizar los procesos de comunicación escrita, así como la evolución y desarrollo de las disciplinas científicas (Ardanuy, 2012; Donthu *et al.*, 2021). En la actualidad, las técnicas bibliométricas se han consolidado como herramientas esenciales para evaluar la actividad académica, permitiendo identificar y analizar tendencias temáticas, autorías, afiliaciones institucionales y redes de colaboración. Estas metodologías facilitan la integración de datos para comprender el comportamiento científico, detectar fortalezas y debilidades, e identificar oportunidades de mejora y aplicación en diversas áreas del conocimiento (Siche & Siche, 2023).

En este contexto, la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (Rev Mex Cienc Pecu), editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), es un órgano de difusión científica y técnica del sector pecuario, enfocado en investigaciones vinculadas a las ciencias pecuarias, especialmente en el ámbito de la Medicina Veterinaria y Zootecnia. Para una adecuada gestión editorial, la revista se organiza en once áreas disciplinares y se publica de manera trimestral, con cuatro números anuales: enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre y octubre-diciembre. Publica tres tipos de documentos: artículos científicos originales, revisiones bibliográficas y notas de investigación.

Actualmente, la Rev Mex Cienc Pecu se distribuye únicamente en formato digital, a través del sistema Open Journal System (OJS), bajo el modelo de acceso abierto y revisión de pares a doble ciego. La revista está indexada en diversas bases de datos y plataformas internacionales, incluyendo SciELO, Latindex, Biblat, Dialnet, Redib y Publindex. Además, ha alcanzado posiciones destacadas en rankings internacionales, como Journal Citation Reports (JCR) con un factor de Impacto (2023): 0.7 y SCImago Journal Rank (SJR): con un índice SJR (2023): 0.23. Estas métricas reflejan la creciente visibilidad e impacto de la Rev Mex Cienc Pecu en la comunidad científica internacional.

En este sentido, analizar las características editoriales y bibliométricas de la Rev Mex Cienc Pecu permite conocer el comportamiento de la producción científica publicada, identificar tendencias y fortalecer la toma de decisiones orientadas a mejorar sus procesos editoriales y el impacto de su contenido. Por ello, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis de la producción científica de la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias durante el año 2024, con énfasis en sus principales indicadores bibliométricos.

Materiales y métodos

Se llevó a cabo un estudio descriptivo, retrospectivo y de corte transversal, enfocado en el análisis de variables editoriales correspondientes a las publicaciones de la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (Rev Mex Cienc Pecu) durante el año 2024.

La muestra estuvo conformada por un total de 59 manuscritos publicados en los cuatro números regulares de la revista. Para el procesamiento de la información, se diseñó una base de datos en la aplicación Notion, la cual permitió normalizar, curar y organizar los datos recopilados. Los campos considerados incluyeron: área disciplinar asignada, nombre de los autores, afiliación institucional, tipo de publicación (artículo científico original, revisión bibliográfica o nota de investigación) y editor de sección responsable. Con base en la información recolectada, se generaron catálogos estructurados que permitieron identificar y clasificar: Autores por artículo y número total de autores, Instituciones de afiliación y frecuencia de aparición, País de procedencia (en función de la institución), Participación por género (cuando fue posible identificarlo a partir de nombres o búsquedas complementarias).

La sistematización de los datos posibilitó su análisis posterior mediante herramientas gráficas y estadísticas básicas para facilitar su interpretación y presentación.

Resultados y discusión

Durante el año 2024, la Rev Mex Cienc Pecu publicó un total de 59 documentos distribuidos en los cuatro números del Volumen 15 (Figura 1). De estos, 41 correspondieron a artículos científicos, lo que representa el 69.5 % del total anual. Este tipo de documento fue el predominante en todos los números, con su mayor presencia en el número 1 (12 artículos) y la menor en el número 3 (9 artículos). En cuanto a las revisiones bibliográficas, se publicaron nueve en total, representando el 15.3 % de las publicaciones, con una distribución de tres revisiones en los números 2 y 3, dos en el número 1 y una sola en el número 4. Las notas de investigación también sumaron nueve documentos (15.3 %). En el número 1 no se publicó ninguna nota, en el número 2 aparecieron dos, en el número 3 tres, y en el número 4 se alcanzó el máximo con cuatro notas.

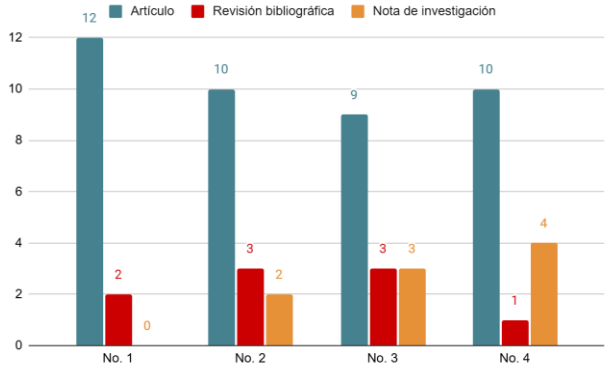


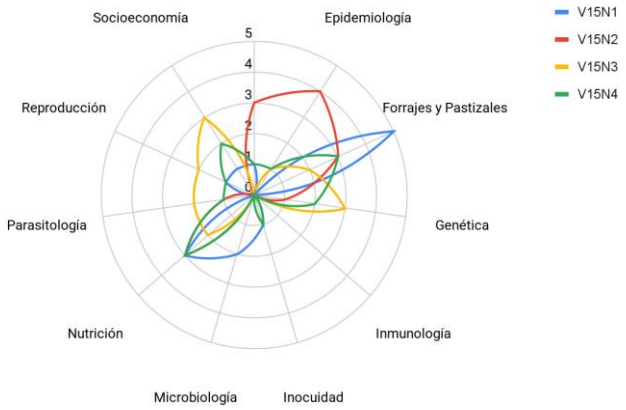
Figura 1. Distribución de los tipos de documentos de la RMCP en el Volumen 15

En cuanto a las principales características de las publicaciones (Tabla 1), se identificaron variables clave para el funcionamiento editorial de la Revista, como el número de autores, las instituciones participantes, las áreas disciplinares y los editores de sección.

Tabla 1. Variables cuantificadas en las publicaciones del Volumen 15

Volumen 15	Autores	Instituciones	Áreas de la revista	Editores de sección	Palabras clave
No. 1	81	24	7	11	64
No. 2	83	30	6	10	67
No. 3	73	26	7	12	66
No. 4	88	26	8	14	72
Total	**325**	**106**	**28**	**47**	**269**

Uno de los aspectos clave para el análisis editorial de la Revista, es la distribución de los manuscritos publicados por áreas disciplinares (Figura 2), ya que permite identificar cuáles son las líneas temáticas con mayor desarrollo e interés entre autores y lectores. Esta información resulta fundamental para fortalecer la pertinencia y proyección de la Revista, al orientar sus contenidos hacia las necesidades reales de la comunidad científica.



Durante el volumen 15, se observó una participación temática heterogénea. El área de *Forrajes y Pastizales* registró la mayor cantidad de contribuciones con 13 manuscritos, seguida por *Nutrición animal* con 11, y *Epidemiología*, *Genética* y *Socioeconomía*, cada una con 6 publicaciones. En menor medida, también se publicaron trabajos en *Parasitología* y *Reproducción* (4 cada una), *Apicultura* (5), *Microbiología* (2) e *Inocuidad* (2). Destaca la ausencia de manuscritos en el área de *Inmunología*, lo cual representa una oportunidad para ampliar y diversificar la cobertura temática en futuras ediciones.

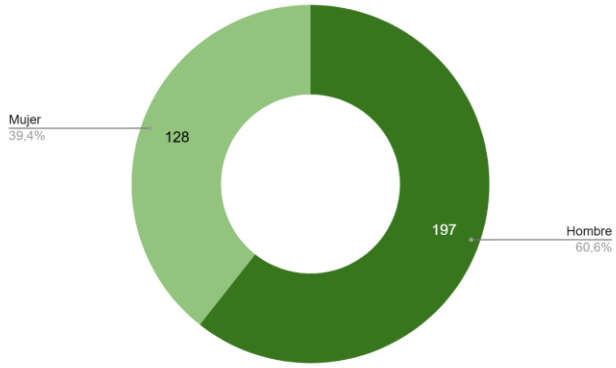


Figura 3. Género de los autores

En la Figura 3 se observa que el 60% de los autores son hombres y casi el 40% son mujeres, lo que evidencia los desafíos que aún enfrentan las mujeres en las ciencias agropecuarias y veterinarias. Guzmán y Brown (2022) destacan la importancia de impulsar su visibilidad y participación, y subrayan que espacios como la Revista pueden ser clave para fortalecer su presencia en la investigación científica.

En la Figura 4 se observa que, durante 2024, la mayoría de los autores publicados fueron de México (236), lo cual es coherente con el origen nacional de la publicación. No obstante, destaca la participación de autores de otros países latinoamericanos como Brasil (28) y Colombia (24), así como contribuciones de Argentina, Perú, España, Estados Unidos, Canadá y otros países. Esta diversidad geográfica indica un creciente interés internacional en la revista, especialmente en el ámbito iberoamericano.



Figura 4. Ubicación de los autores

Conclusiones

El análisis de la producción editorial 2024 de la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias revela una operación constante y bien estructurada. Se mantuvo una publicación regular de manuscritos, con predominio de artículos científicos y una concentración temática en áreas como Forrajes y Pastizales, Nutrición y Epidemiología. La diversidad de autores e instituciones participantes confirma el alcance internacional de la Revista, aunque se conserva una fuerte representación nacional. No obstante, se identificó una marcada predominancia masculina en las autorías, lo que resalta la necesidad de impulsar acciones que fomenten una mayor participación de mujeres en las Ciencias Pecuarias. Este análisis es un ejercicio simple que solo abarca la producción del último año, pero permite orientar mejoras editoriales que fortalezcan el impacto, la representatividad y la calidad de los contenidos.

Referencias bibliográficas

1. Ardanuy J. (2012). Breve introducción a la bibliometría. Barcelona: Universitat de Barcelona. http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30962/1/breve%20introduccion%20bibliometria.pdf
2. Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., y Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. Journal of Business Research, 133, 285–296.
3. Guzmán, A. y Brown, F. (2022). Women's participation in inventive activities in Mexico, 1980-2015: a study of the challenges they face. Problemas del desarrollo, 53(210), 3-38. https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2022.210.69887
4. Siche, R. & Siche, N. (2023). The language model based on sensitive artificial intelligence - ChatGPT: Bibliometric analysis and possible uses in agriculture and livestock. Scientia Agropecuaria, 14(1), 111-116. https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.010

DESEMPEÑO ECONÓMICO DEL USO DE ENSILADOS DE CEREALES DE GRANO PEQUEÑO EN MEZCLA COMO COMPLEMENTO AL PASTOREO DE VACAS LECHERAS.

Sirley Carrillo-Hernández*, Felipe López-González, Carlos Manuel-Arriaga Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México

*Autor para correspondencia: scarrilloh@uaemex.mx

Palabras clave: mezclas forrajeras, producción de leche, costos de alimentación

Introducción

La producción de leche en pequeña escala es una actividad de importancia por su aporte económico y contribución a la seguridad alimentaria y a los ingresos de pequeños productores en diferentes regiones. El pastoreo es la fuente más económica de alimento para los sistemas de producción de leche basados en pasturas, no obstante, la estacionalidad y la variación interanual en el suministro de forraje es una limitante para esta estrategia. En los sistemas de produccion de leche en pequeña escala (SPLPE) del Altiplano Central mexicano la baja persitencia de las praderas cultivadas favorece la invación de otras especies como el Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), especie naturalizada que cuenta con atributos de calidad que la convierten en una opción forrajera de importancia para estos sistemas.

El uso de forrajes conservados como los ensilados, es una estrategia para gestionar la estacionalidad en la produccion forrajera y disminuir los costos por concepto de compra de alimentos externos para la produccion drante épocas criticas, práctica que impacta en la escala económica y afecta la sostenibilidad de los SPLPE (Prospero-Bernal et al., 2017). Ante esto, la eficiencia productiva y económica de estos sistemas puede ser mejorada con el uso del pastoreo y la inclusión de forrajes conservados como ensilados para la época seca (Martínez-García et al., 2015).

El ensilado de maiz es el mas usado, no obstante, se requiere la evaluación de otras alternativas forrajeras que hagan frente a los posibles efectos el cambio climatico, forrajes con capacidad de adaptación que permitan mejorar los parametros productivos de las unidades de producción y que sean economicamente favorables para los pequeños productores, como lo son los cereales de grano pequeño (CGP): cebada (*Hordeum vulgare),* centeno (*Secale cereale*) y triticale (*Triticosecale Wittmack*) que, en mezcla y ensilados, han demostrado mantener rendimientos de leche y generar márgenes de ganancia altos para estos sistemas (Carrillo-Hernández et al., 2023). El objetivo fue evaluar el desempeño económico de la inclusión del ensilado de la mezcla de cereales de grano pequeño como complemento al pastoreo de Kikuyo por vacas lecheras en un sistema de producción en pequeña escala.

Materiales y métodos

Area de estudio y desarrollo experimental: el estudio se realizó bajo un enfoque de investigación participativa con la colaboración de un productor de leche en pequeña escala del municipio de Aculco en el Noroeste del Estado de México (20°12´ 47” N y 99°57’47” W, 2140).

Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico. Se evaluaron los ensilados de la mezcla de cereales de grano pequeño CC, cebada (variedad Cerro Prieto) con centeno (cultivar Criollo) y CT, centeno con trititcale (variedad bicentenario) en comparación al ensilado de maiz (EMZ), como complemento al pastoreo de kikuyo (*Cenchrus clandestinus).* Se utilizaron nueve vacas Holstein con 500 ± 54.8 kg de peso vivo, 160 ±74.6 días en leche y rendimiento de leche de 13.6 ± 3.37 kg antes del experimento y cada tratamiento incluyó 3.6 kg DM de concentrado comercial por vaca al día. Se utilizó un diseño de cuadro latino 3X3 replicado tres veces, con periodos experimentales de 12 días. El análisis estadístico se realizó en el software Minitab vs 19 bajo el modelo mixto $Yijk = \mu + Ch + C(Vi) + Pj + Tk + eijk$, donde Yijk = variable dependiente, μ = media general, Ch = efecto aleatoreo del cuadro (h = 3), S (Ci)= efecto aleatoreo de la vaca dentro del cuadro (i = 9), Pj = efecto fijo del periodo (j = 1–3), Tk = efecto fijo del tratamiento (k=3).

Variables evaluadas. Se realizó un analisis económico con la metodologia de presupuestos parciales considerando solo los costos por concepto de alimentación (costo de producción de cada alimento y costo del alimento consumido por animal) y venta de leche como en otros trabajos **(**Prospero-Bernal et al., 2017; Carrillo-Hernández et al., 2023).

Resultados y discusión

La proporción de concentrado comercial en la dieta en promedio fue del 27.0% (Cuadro 1) y representó el 54.83% de los costos totales por concepto de alimentación (Cuadro 2). La cantidad de alimentos comprados es causante de una baja eficiencia económica. En los SPLPE del Altiplano Central mexicano los costos de alimentación representan entre el 52 y el 70 % de los costos totales, donde la compra de concentrados comerciales puede representar hasta el hasta el 90% de estos (Martínez- García *et al*.,2015), valor superior al aquí reportado.

Cuadro 1. Proporción y costo (kg MS) de forraje conservado y fresco, y de concentrado comercial en la dieta

	Tratamiento		
Variable	**EMZ**	**CC**	**CT**
Proporción de alimento en la dieta			
Ensilado	52.7	57.6	52.0
Kikuyo	19.8	15.0	21.7
Concentrado comercial	27.5	27.4	26.3
Costo por kg de MS (MXN$)			
Ensilado	3.89	4.09	5.55
Kikuyo	0.21	0.21	0.21
Concentrado comercial	9.5	9.5	9.5

EMZ, ensilado de maiz; CC, ensilado de cebada más centeno; CT, ensilado de centeno y triticale

Estrategias basadas en el uso de forrajes autoproducidos es clave para mejorar los indices economicos e incrementar la sostenibildiad de los SPLPE (Martínez- García *et al*.,2015). Las unidades de producción que incorporan el pastoreo más ensilado de maíz suplen cerca del 70% de sus necesidades de forraje reduciendo los costos e incrementando los márgenes de ganancia (Prospero-Bernal et al. 2017). En este trabajo este valor correspondió al 73% y el margen total reportado fue positivo y superior al presentado en trabajos basados en el uso de ensilado y concentrado comercial (Sainz-Ramírez et al. 2021; Alvarez-García et al. 2023). Lo cual se puede atribuir al pastoreo de kikuyo, que aportó una proporcion representativa de forraje (media 18.8%) a un costo bajo en la dieta.

La cantidad de leche producida fue similar con el uso de los diferentes ensilados ($P>0.05$) y con ello, los ingresos por venta de leche no presentaron variación entre tratamientos ($P>0.05$) (Cuadro 2). Suministrar EMZ redujo los costos de alimentación en un 6 y 16% y generó un costo por kg de leche 7.8 y 15.8% inferior respecto a CC y CT respectivamente ($P<0.05$). A su vez, con EMZ se obtuvo el mayor ingreso sobre el costo de alimentación y un margen sobre kg de leche mayor ($P<0.05$). Pese a estas diferencias, el margen total sobre los costos de alimentación fue similar entre EMZ y CC ($P<0.05$). Comparando entre los ensilados de CGP, debido a su menor costo de producción (Cuadro 1), CC presentó menores costos de alimentación y margenes mas altos ($P<0.05$).

Sainz-Ramirez et al. (2021) al comparar EMZ con ensilados alternativos como el de girasol y Álvarez-García et al. (2023) al comprar EMZ con trigo, tambien reportaron menores costos con EMZ, lo que fue atribuido al mayor rendimiento de materia seca del cultivo de maiz, rendimiento que en este trabajo fue superior al de los CGP, pero no fue alto (6 ton de MS/ ha), permitiendo encontrar un margen total de alimentación similar con CC, que entre los ensilados de CGP fue el de mayor producción.

El ingreso sobre costos de alimentación correspondió con lo reportado con el uso de ensilado de maíz (1.87, Sainz-Ramirez et al. 2021), ensilado de trigo (1.70), pero fue inferior al reportado por Prospero-Bernal et al. (2017) para la estrategia de alimentación basada en pastoreo más ensilado (2.10), esto debido al incremento de los costos de insumos para la producción y al incremento experimentado en los últimos años en el precio del concentrado comercial.

Cuadro 2. Costos y retornos

	Tratamiento			EEM	P value
	EMZ	CC	CT		
Costos de alimentación					
Concentrado comercial (MXN$)	456.00	456.00	456.00	-	-
Ensilado (MXN$)	321.59^{c}	372.30^{b}	474.20^{a}	15.70	0.001
Pastura (MXN$)	6.50^{a}	4.97^{b}	7.49^{a}	0.90	0.001
Total costo de alimentación (MXN$)	784.10^{c}	833.20^{b}	937.50^{a}	15.70	0.001
Retornos					
Precio de venta de leche (MXN$/kg leche)	9.50	9.50	9.50	-	-
Leche producida (kg vaca/periodo)	161.40	161.80	167.40	6.72	0.498
Ingresos por venta de leche (MXN$ vaca/periodo)	1534.00	1537.00	1591.00	63.80	0.498
Margen total sobre costos de alimentación (MXN$)	749.90^{a}	703.80^{ab}	653.50^{b}	63.50	0.003
Costo de alimentación por kg de leche (MXN$/kg leche)	4.98^{c}	5.37^{b}	5.77^{a}	0.19	0.001
Margen sobre kg de leche (MXN$/kg/leche)	4.52^{a}	4.13^{b}	3.73^{c}	0.19	0.001
Ingresos/ costos (MXN$)	1.95^{a}	1.85^{b}	1.70^{c}	0.08	0.001

EMZ, ensilado de maiz; CC, ensilado de cebada más centeno; CT, ensilado de centeno y triticale

Conclusiones

Considerenado el margen total sobre costos de alimentación, cuando las condiciones para producir el ensilado de maiz no sean adecuadas, la inclusión del ensilado de cebada y centeno es la mejor alternativa para complementar al pastoreo de kikuyo en los SPLPE del Altiplano central Mexicano durante la epoca seca.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento de la Universidad Autónoma del Estado de México a través del proyecto UAEM 6467/2022/CIB y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología—CONAHCYT, por la beca de posgrado de Sirley Carrillo-Hernández. Los autores agradecen a estas instituciones y al productor participante y a su familia.

Referencias bibliográficas

1. Álvarez-García, C.D., Arriaga-Jordán, C.M., Estrada-Flores, J.G. and López-González, F., 2023. Wheat or maize silage in feeding strategies for cows in small-scale dairy systems during the dry season, Chilean Journal of Agricultural research, 83(4), 398-407.
2. Carrillo-Hernández, S., Velarde-Guillén, J., López-González, F. and Arriaga-Jordán, C.M., 2023. Mixed small grain cereal silages in the feeding of dairy cows in small scale dairy systems, Tropical and Subtropical Agroecosystems, 26, 085.
3. Martínez-García, C.G., Rayas-Amor, A. A, Anaya- Ortega, J.P., Martínez-Castañeda, F.E., Espinoza-Ortega, A., Prospero-Bernal, F. and Arriaga-Jordán, C.M., 2015. Performance of small-scale dairy farms in the highlands of central Mexico during the dry season under traditional feeding strategies. Tropical Animal Health and Production, 47, pp. 331–337. Doi:10.1007/s11250-014-0724-0
4. Prospero-Bernal, F., Martínez-García, C. G., Olea-Pérez, R., López- González, F. and Arriaga-Jordán, C. M., 2017. Intensive grazing and maize silage to enhance the sustainability of small-scale dairy systems in the highlands of México, Tropical Animal Health and Production, 49, 1537–1544.
5. Sainz-Ramírez, A., Velarde-Guillén, J., Estrada- Flores, J. G. and Arriaga-Jordán, C. M., 2021.Productive, economic, and environmental effects of sunflower (*Helianthus annuus*) silage for dairy cows in small-scale systems in central Mexico, Tropical Animal Health and Production, 53 (2), 251. https://doi.org/10.1007/s11250-021-02708-0

DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LA GANADERÍA LECHERA DE PEQUEÑA ESCALA EN EL ORIENTE DEL VALLE DE MÉXICO.

Yessenia Reyes-Rodea[1], Ariana Cruz-Olayo[2], Nathaniel Alec Rogers-Montoya[3], José Guadalupe Herrera-Haro[4], Martha Mariela Zarco-González[1], Francisco Ernesto Martínez-Castañeda[5]*

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UAEMéx, [2]Facultad de Ingeniería, UAEMéx, [3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, [4]Ganadería, COLPOS, [5]Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, UAEMéx

*Autor para correspondencia: femartinezc@uaemex.mx

Palabras clave: análisis de ciclo de vida, inventario de ciclo de vida, producción de leche..

Introducción

La producción de leche en las comunidades rurales es de suma importancia, para los productores representa un ingreso estable que permite la disminución de deudas agrícolas y aumento de ingresos, en comparación con la producción agrícola (Christie 2020). Los productos lácteos podrían reducir la carga de desnutrición mundial (Headey et al. 2024), por su contenido de macronutrientes y micronutrientes.

La producción de leche se ha vinculado con problemas ambientales como daños a los ecosistemas, acidificación, eutrofización, agotamiento de recursos terrestres y daño a la salud humana (Rogers-Montoya et al. 2024). La metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es reconocida internacionalmente por la Organización de Estandarización Internacional (ISO por sus siglas en inglés) en sus normas 14040 y 14044. El ACV permite determinar los impactos ambientales potenciales de procesos productivos o servicios en distintas etapas de su elaboración, consumo o disposición final. Esta metodología consta de 4 fases: definición de objetivos y alcance, en esta fase se determina la Unidad Funcional (UF), límites del sistema. La segunda fase es el "inventario del ciclo de vida" en donde se emplean los datos de entradas y salidas de cada proceso empleado dentro del sistema. En la fase del "análisis del impacto del ciclo de vida" se elige el método para la evaluación de impactos ambientales. Por último, la "interpretación del análisis del ciclo de vida" es la identificación de procesos con mayor impacto, donde se validan los resultados y se pueden evaluar escenarios de mitigación (ISO 14040: 2006. ISO 14044: 2006).

Objetivo

Evaluar los impactos ambientales de un kilogramo de leche, evaluando el promedio, mínimo y máximo de una muestra de 13 productores a pequeña escala en Texcoco, Estado de México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en Texcoco, se emplearon 13 establos a pequeña escala, los cuales tenían entre 3 hasta 70 vacas en producción. Se empleó el Software SimaPro versión 9.6.1, con librerías de Agri-footprint 6.3 y Ecoinvent 3.10. Empleando el modelo ReCiPe 2016 una perspectiva "Jerárquica".

Límites del estudio

El límite del estudio fue de "cuna a la puerta" incluyendo la alimentación del ganado, llamado Subsistema 1 (S1) y la producción de leche, nombrado Subsistema 2 (S2), excluyendo los procesos de trasporte y manufacturación de la leche. La UF fue 1kg de leche.

Inventario del ciclo de vida

La Tabla 1 muestra los invetarios de leche del modelo analizado.

Se estableció un escenario base con el promedio de los establos evaluados (n=13), así como un escenario mínimo y otro máximo, los cuáles se obtuvieron del porcentaje del promedio de los ingredientes utilizados en la dieta. La masa del escenario mínimo y máximo se multiplicó por el porcentaje de cada ingrediente.

Tabla 1. Inventario por 1 kg de leche

	Escenario Mínimo	Escenario Base	Escenario Máximo
S1: Entradas conocidas desde la tecnosfera (combustible/materiales) (kg)			
Alimento Base húmeda (Kg)	2.8	3.43	4.41
S2: procesos dentro del establo			
S1(Kg)	2.8	3.43	4.41
Agua (Lt)	4.7	8.1	11
Combustible (Lt)	0.001	0.002	0.006

Electricidad (kWh)	0.01	0.01	0.01
Salidas: Emisiones al aire			
Metano biogénico (Kg)	0.0150	0.0179	0.0231
Metano (Kg)	8.0E-04	0.001	0.0013
Dióxido de nitrógeno (Kg)	7.48E-05	7.48E-05	7.48E-05
Óxidos de nitrógeno (Kg)	8.14E-07	8.14E-07	8.14E-07
Dióxido de carbono, fósil (Kg)	3.132E-03	6.264E-03	1.8792E-02

S1: subsistema para la producción de alimentación 1, S2: subsistema producción de leche.

Resultados y discusión.

Análisis del impacto del ciclo de vida

La tabla 2 contiene los resultados de las 18 categorías de evaluación de impacto. En los tres escenarios los porcentajes más altos fueron por parte de los procesos que involucran la alimentación para el ganado (S1), en segundo lugar el alimento en base seca en las 18 categorías de impacto.

Cuadro 3. Impactos de punto medio con método ReCiPe 2016 para 1kg de leche

Categorías de impacto	Siglas	Unidad	Escenario Mínimo	Escenario Base	Escenario Máximo
Calentamiento global	CG	kg CO_2 eq	1.53000000	1.88106730	2.41257300
Depleción de capa de ozono	DCO	kg CFC11 eq	0.00001550	0.00001890	0.00002440
Radiación ionizante	RI	kBq Co-60 eq	0.01435090	0.01741048	0.02228380
Formación de ozono, salud humana	FO-SH	kg NOx eq	0.00330472	0.00402973	0.00515619
Formación de material particulado fino	FMPF	kg PM2.5 eq	0.00150839	0.00183621	0.00235998
Formación de ozono, ecosistemas terrestres	FO-ET	kg NOx eq	0.00448556	0.00545893	0.00697236
Acidificación terrestre	AT	kg SO_2 eq	0.01130723	0.01376651	0.01767398
Eutrofización de agua dulce	EAB	kg P eq	0.00073892	0.00089938	0.00114679
Eutrofización al mar	EM	kg N eq	0.00537028	0.00654135	0.00842168
Ecotoxicidad terrestre	EcT	kg 1.4-DCB	7.66337650	9.32247850	12.00757800
Ecotoxicidad agua dulce	EcAB	kg 1.4-DCB	0.08402358	0.10404990	0.13276422
Ecotoxicidad al mar	EcM	kg 1.4-DCB	0.05067522	0.06212516	0.07967734
Toxicidad humana cancerígena	THC	kg 1.4-DCB	0.06210413	0.07542914	0.09738449
Toxicidad humana no cancerígena	THNC	kg 1.4-DCB	1.22812870	1.51741010	1.94289270
Uso de suelo	US	m^2a crop eq	2.69957990	3.33447500	4.25742490
Escasez de recursos minerales	ERM	kg Cu eq	0.00271184	0.00331834	0.00426060
Escasez de recursos fósiles	ERF	kg oil eq	0.13149205	0.16124851	0.21049093
Consumo de agua	CA	m^3	0.05255008	0.06572744	0.08465508

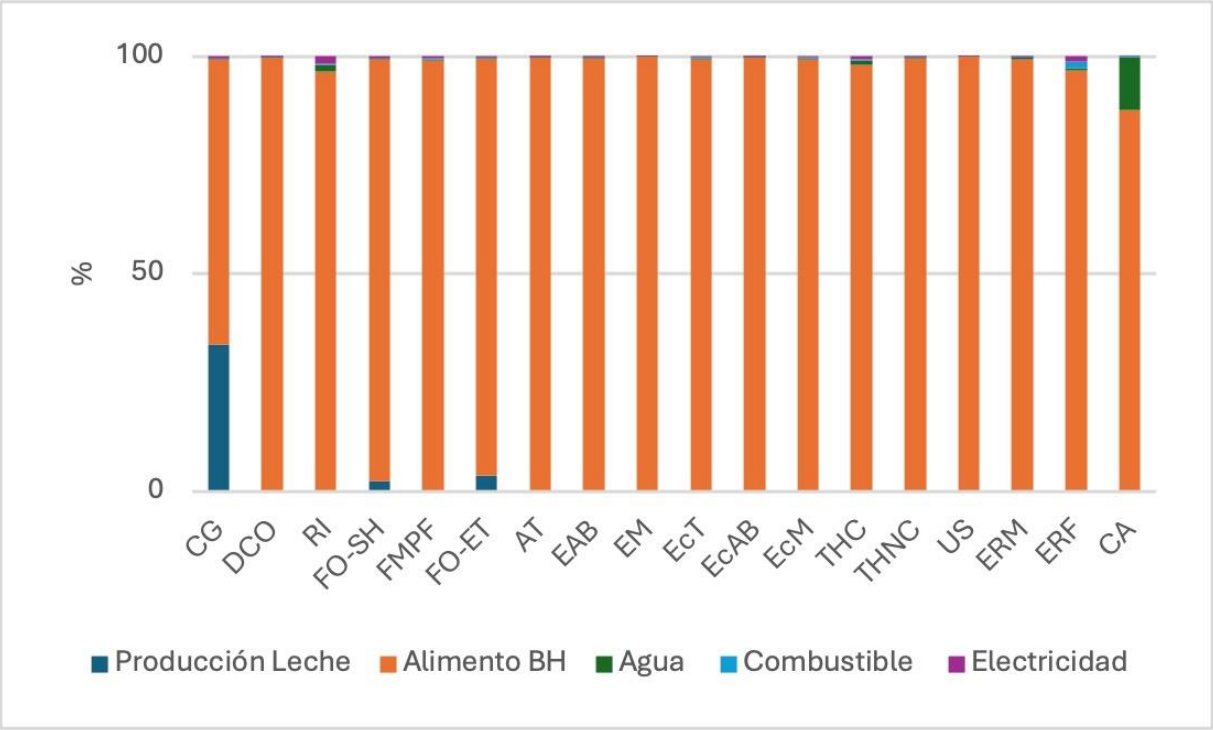
Interpretación del análisis del ciclo de vida

Cuando los escenarios se analizan de manera independiente, la alimentación para las vacas fue la principal problemática en los impactos ambientales. En general, la diferencia entre los escenarios mínimo y base fue de 18.31%, entre el base y el máximo de 22.12% y entre el mínimo y el máximo de 36.38%, lo que representa, teóricamente, un máximo posible de mitigación en las categprías de impacto del 18%, aunque es necesario realizar los ajustes necesarios una vez entendiendo y estableciendo las necesidades fisiológicas y agrícolas que el modelo pudiera requerir.

La categoría de CG (una de las más observadas socialmente) mostró una diferencia porcentual de 18.88% entre el escenario mínimo y el base y de 36.76% entre el mínimo y el máximo. Sin embargo, la mayor diferencia se reflejó en la categoría de consumo de agua, donde la diferencia porcentual entre el mínimo y el base fue de 20% y entre el mínimo y el máximo de 38%. La categoría con menor variación porcentual fue Radiación ionizante con una diferencia entre mínimo y base de 17.57% y de 35.60% entre mínimo y máximo.

Los procesos que involucran la alimentación para el ganado son la principal causa de impactos ambientales como lo mencionó Wang et al. (2019). La figura 1 presenta la distribución porcentual de todas las categorías de impacto donde el que más contribuye es el Subsitema 1, lo que coincide con lo reportado en la literatura especializada.

Figura 1. Contribución de los procesos en las diferentes categorías de impacto en el Escenario Base.



Conclusiones.
Se evaluaron los impactos ambientales de las diferentes categorías, donde en promedio se observa una reducción teórica del modelo de 18%. El Subsistema 1 fue el que más contribuyó al total de estas.

Agradecimientos.
A los productores por su disposición y colaboración.

Fuente financiadora.
Proyecto UAEMéx 7209/2025CIB

Referencias bibliográficas.

1. ISO (2006) ISO 14040 Gestión ambiental: evaluación del ciclo de vida: principios y marco. Organización Internacional de Normalización (ISO).
2. Christie, N. (2020) Rethinking local institutional development in India: Theoretical perspectives and analysis of dairy cooperatives. Journal of Public Affairs an International Journal. Vol.21 (3). https://doi.org/10.1002/pa.2230.
3. Rogers-Montoya, N.A., Martínez-Castañeda, F.E., Herrera-Haro, JG., Villavicencio-Gutiérrez, MR., Ortega-Cerrilla, ME., Barcena-Gama, Jr., Morales, A. (2024) Evaluation of the environmental impacts of the smallholder milk production system in Central Mexico. Tropical Animal Health and Production. 56:145. https://doi.org/10.1007/s11250-024-03996-y
4. Headey, DD., Alderman, H., Hoddinott, J., Narayanan, S., (2024) The glass of milk half-empty? Dairy development and nutrition in low and middle income countries. Food Policy. Vol. 122. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2023.102585.
5. ReCiPe (2016) Life cycle assessment. PRé Sustainability B.V. All rights reserved. https://pre-sustainability.com/articles/recipe/ obtenido 05 de noviembre del 2024

SUSTENTABILIDAD SOCIOECONÓMICA DEL SISTEMA BOVINO DE DOS COMUNIDADES EN ESCÁRCEGA, CAMPECHE.

Azucena Guadalupe Medina-Keb[1], Lizbeth Lucia Candelario Rosales[1], Silvia Fraire-Cordero[2*], José Antonio Hernández-Marín[3], Bernardino Candelaria-Martínez[4],

[1]COLPOS-Campeche; [2]Investigadora por México SECIHTI-COLPOS, Campeche; [3]Universidad de Guanajuato, Guanajuato; [4]TecNM-Campus Chiná, Campeche.

*Autor para correspondencia: frairec@colpos.mx

Palabras clave: indicadores sostenibles, ganadería, desarrollo rural.

Introducción

En el trópico húmedo mexicano la producción ganadera basa su alimentación en forrajes y se desarrolla en sistemas extensivos. Particularmente en Campeche, la actividad ganadera bovina constituye una de las actividades económicas más importantes de las zonas rurales a través de diversos sistemas de producción en la que destaca la producción de carne (INIFAP, 2023). En virtud de lo anterior, se consideró la cuantificación y evaluación de su sustentabilidad vinculado con la realidad del entorno de unidades productivas ganaderas. Para este efecto se propuso el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) el cual es un método sobresaliente en evaluaciones de sustentabilidad de zonas tropicales de México, debido a que es una herramienta que evalúa el estado actual del o los sistemas de manejo, para detectar los aspectos que los fortalecen o los hacen vulnerables. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el grado de sustentabilidad socioeconómica del sistema bovino de carne de dos comunidades de Escárcega, Campeche, México bajo el MESMIS.

Materiales y métodos

El estudio de investigación se realizó en los meses de septiembre y octubre de 2023 en unidades de producción de bovinos de carne en las comunidades de Laguna Grande y Benito Juárez del municipio de Escárcega, Campeche. El clima en esta zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación anual alcanza los 1390 mm con temperatura media anual de 24°C, con máximas y mínimas de 32 y 15 °C.

El estudio consistió en la identificación y localización de unidades productivas de bovinos representativas propuestas por la organización Pronatura Península de Yucatán A.C., del estado de Campeche, lo que resultó en la participación de 34 productores cooperantes. Se utilizó el MESMIS propuesto por Masera *et al*. (1999), para evaluar las dimensiones sociales y económicas de las unidades ganaderas. El MESMIS consta de seis pasos para su evaluación los cuales fueron: determinación del objeto de estudio, puntos críticos del sistema, selección de indicadores estratégicos, medición y monitoreo de indicadores, presentación de resultados y conclusiones.

Cada indicador se compuso de subindicadores que permitieron el acceso a los datos correspondientes (Cuadro 1), por medio de un cuestionario enfocado en el manejo de la unidad productiva. Dentro del proceso de evaluación para medir los indicadores de estas dimensiones, se construyeron escalas de 0 a 4, (Sarandón y Flores, 2009). Siendo cuatro el valor más orientado a la sustentabilidad (valor ideal) y cero el más alejado, y considerando un valor igual a dos, como el valor umbral o límite. De esta manera, para poder considerar una dimensión como sustentable, el valor del índice correspondiente debió ser mayor o igual a dos. Posterior a ello se determinó el valor del Índice de Sustentabilidad General con los valores de los Índices de Sustentabilidad Social (ISS) y Económica (ISE) [(ISS+ISE) /2].

Cuadro 1. Indicadores y subindicadores para evaluar la sustentabilidad socioeconómica del sistema bovino de carne de las comunidades de Laguna Grande y Benito Juárez, Escárcega, Campeche.

Dimensión	Indicador	Subindicador
Social	**A -** Calidad de vida	**A-1** Servicios públicos, **A-2** Acceso a la salud, **A-3** Acceso a la educación, **A-4** Movilidad y **A-5** Características de la vivienda
	B - Grado de satisfacción con el sistema productivo	**B-1** Grado de satisfacción del productor
	C - Permanencia del sistema en el tiempo	**C-1** Grado de predisposición por los familiares
Económica	**D -** Eficiencia productiva	**D-1** Terneros vendidos al año, **D-2** Peso del becerro a la venta, **D-3** Tiempo para el alcance del peso de venta, **D-4** % de parición **D-5** % de mortalidad, **D-6** Número de estrategias utilizadas en época de estiaje y **D-7** Oferta forrajera
	E - Eficiencia económica	**E-1** % de recuperación de la inversión y **E-2** % de contribución de la actividad ganadera en la economía familiar
	F - Acceso a créditos	**F-1** Créditos recibidos por año

Resultados y discusión

Para la dimensión social, los valores alcanzados para cada uno de los indicadores seleccionados reflejaron un valor mayor a dos como Índice de Sustentabilidad Social (Cuadro 2), por lo que dicha dimensión se puede considerar sustentable.

Cuadro 2. *Índice de sustentabilidad social (ISS) del sistema bovino de carne en dos comunidades de Escárcega, Campeche.*

Indicador	Índice individual	Índice de sustentabilidad social
A- Calidad de vida	2.57	
B- Grado de satisfacción del sistema productivo	3.00	2.68
C- Permanencia del sistema en el tiempo	2.47	

El indicador A – Calidad de vida fue calificado como sustentable, ya que las familias tienen acceso a servicios básicos como salud, educación, electricidad, agua potable, telefonía y gas. No obstante, existen limitaciones importantes en la calidad y cobertura, especialmente en zonas rurales, donde la atención médica es deficiente, la educación superior escasa y el suministro eléctrico presenta fallas recurrentes debido a condiciones climáticas, quemas agrícolas y deficiencias en la infraestructura, afectando negativamente la calidad de vida de las comunidades. Se destaca la necesidad de modernizar el entorno rural y mejorar el acceso a servicios públicos.

El indicador B – Grado de satisfacción del sistema productivo fue superior al umbral, ya que los productores manifestaron estar satisfechos con su sistema, el cual les permite cubrir sus necesidades básicas como alimentación, vestimenta, salud y educación que demanda la familia. Sin embargo, buscan mejorar sus condiciones productivas para elevar su nivel de satisfacción. Respecto al indicador C – Permanencia del sistema en el tiempo, el 86 % de los productores señaló que al menos un miembro de su familia desea continuar con la ganadería, reflejando su importancia. Sin embargo, el 14 % indicó que sus hijos prefieren dedicarse a otras actividades ajenas al sector agropecuario.

Los indicadores seleccionados para el Índice de Sustentabilidad Económica (ISE) reflejaron un valor menor a dos (Cuadro 3), por lo que esta dimensión no es sustentable. El indicador E – Eficiencia económica, fue el único indicador sustentable mostrando la relevancia de la ganadería bovina en la economía familiar. El 85 % de los productores indicó que esta actividad aporta más del 50 % de los gastos del hogar y genera ganancias superiores al 50 % del monto invertido por animal. Callejas-Juárez *et al*. (2014), resumen esta eficiencia como una buena situación financiera, siempre que las pérdidas de capital neto no sean superiores a este mismo porcentaje. A pesar de esto, el 100 % de los productores consideró cualquier ganancia como positiva, ya que la ganadería les brinda seguridad financiera ante imprevistos. Durante periodos de bajos ingresos por la venta de becerros, más del 80 % de los productores complementa su economía con otras

actividades como venta de abarrotes, apicultura, carpintería, agricultura y comercialización de calabaza chihua, siendo esta última y el maíz fundamental para el autoconsumo.

Cuadro 3. *Índice de sustentabilidad económica (ISE) del sistema bovino de carne en dos comunidades de Escárcega, Campeche.*

Indicador	Índice individual	Índice de sustentabilidad económica
D- Eficiencia productiva	1.74	
E- Eficiencia económica	2.63	1.46
F- Acceso a créditos	0.00	

El indicador D – Eficiencia productiva fue considerado bajo. Solo el 30 % de los productores vende más de 20 animales al año, debido al lento desarrollo de los becerros, limitado por la escasa calidad y disponibilidad de alimento, especialmente en época de sequía. Aunque el porcentaje de parición supera el 50 % y la mortalidad es del 6 %, estos valores no compensan las deficiencias del sistema. Se recomienda implementar prácticas como el almacenamiento o siembra de forrajes resistentes a la sequía para mejorar la producción. El indicador F – Acceso a créditos resultó nulo. Ningún productor ha recibido financiamiento, a pesar de estar interesado. Almeraya *et al*. (2011), señalan que esta situación puede asociarse a la falta de garantías, escasa información y exclusión financiera en zonas rurales, lo que limita la inversión en las unidades productivas y perpetúa la baja productividad y pobreza.

A partir del ISS e ISE, el Índice de Sustentabilidad General alcanzó un valor de 2.07, con el cual el sistema bovino de carne es sustentable según los criterios propuestos por Sarandón y Flores (2009).

Conclusiones

El sistema bovino de carne de las comunidades Laguna Grande y Benito Juárez del municipio de Escárcega, Campeche, es sustentable en aspectos socioeconómicos según el Índice de Sustentabilidad General del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS).

Agradecimientos y fuente financiera

Al proyecto de la Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) 7096 “Fortalecimiento de la ganadería sostenible en el estado de Campeche a través de prácticas agroecológicas y sistemas silvopastoriles”. Al Colegio de Postgraduados Campus Campeche, PRONATURA Península de Yucatán A.C., Campeche y productores de Escárcega, Campeche.

Referencias bibliográficas

1. Almeraya, S.J., Figueroa, B., Diaz, J.M., Figueroa, K.A., Pérez, L.M. (2011). Uso del crédito: implicaciones para el desarrollo rural. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2(1), 111-124.
2. Callejas-Juárez, N., Aranda-Gutiérrez, H., Rebollar-Rebollar, S., y De la Fuente-Martínez, M.T. (2014). Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México· Agronomía Mesoamericana, 25(1), 133-139.
3. NIFAP (2023). Un becerro cada 13 meses con tecnología de nutrición y reproducción en el trópico. Consultado el 23 de mayo de 2023. Disponible en https://www.gob.mx/inifap/articulos/un-becerro-cada-13-meses-con-tecnologia-de-nutricion-y-reproduccion-en-el-tropico
4. Masera, O., Astier, M. y López, S. (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS.GIRA-Mundi-prensa, México.
5. Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. Agroecología, 4, 19-28.

PRIORIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA APICULTURA DE *Apis Mellifera* (L.), EN CHIHUAHUA.

Mario Humberto Royo Márquez[1*], Elizabeth Pérez-Ruiz [1], Mercedes Borja Bravo[2].

[1]C.E. La Campana, INIFAP, [2]C.E. Pabellón, INIFAP

*Autor para correspondencia: royo.mario@inifap.gob.mx

Palabras clave: comercialización, renta de colmenas polinización, mercados.

Introducción

La producción apícola en México tiene como principal propósito la cosecha de miel de abeja, seguida en menor escala por la producción de cera, propóleos, polen, jalea real y apitoxina. (Pérez, *et al*., 2023). En nuestro país existen cinco regiones apícolas: Norte, Altiplano, Golfo, Costa del Pacífico y Península de Yucatán, definidas por su clima y flora, con diferente grado de desarrollo y variedad de tipos de mieles diversas características de humedad, color, aroma y sabor. En la zona norte y templada, los rendimientos son de 25 a 50 kg de miel por colmena de abejas melíferas, mientras que, en las zonas cálidas con temperaturas benignas y mayor duración de la temporada de lluvias, la producción se incrementa de 50 a 75 kg, por colmena. Para el estado de Chihuahua, se reporta para el 2022 un rendimiento de 17.8 Kg por colmena productiva (Pérez *et al*., 2023); lo que representa un bajo índice productivo, resultado de factores medioambientales adversos, como las sequías en el norte del país. Se reporta que, para los estados de Sinaloa, Chihuahua y Coahuila, la renta de colmenas para la polinización de cultivos es una fuente alterna de ingresos para muchos apicultores. En México, en los últimos años ha disminuido el número de apicultores con alto poder comercial y han aumentado los apicultores de pequeña y mediana escala. Debido al impulso de la apicultura en las políticas públicas, para el combate a la pobreza, como fuente de ingresos alternos y autoempleo. Con relación a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la priorización de las actividades de los apicultores, la comercialización y el mercado de venta de los productos apícolas.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en 13 municipios de Chihuahua con un total de 65 encuestas (Aldama, 12 apicultores encuestados), Cuauhtémoc (9), Delicias (8), Nuevo Casas Grandes (7), Meoqui (7), Camargo (7), Chihuahua (4), Ojinaga (4), Manuel Benavidez (2), Satevó (2), Julimes (1), Rosales (1) y Nonoava (1). El tamaño de muestra se obtuvo al considerar una población de 187 unidades apícolas reportadas en el registro para repoblamiento del Gobierno de Chihuahua en 2017 en 21 municipios. El tamaño de muestra se estimó mediante muestreo aleatorio simple con reemplazo, considerando máxima varianza, con un nivel de confianza del 95% (1.96) y *"e"* que es el error máximo permisible de la estimación de 0.10 (10%). El resultado fue un tamaño de muestra de 65 apicultores encuestados. Para el diseño y formato de la encuesta, el cuestionario incluyó preguntas cerradas y abiertas, sobre los siguientes temas: a) datos generales de los apicultores; b) priorización en la producción de subproductos apícolas; c) comercialización y d) mercado de venta. Las encuestas fueron aplicadas en los meses noviembre de 2021 a agosto de 2022. Para la estratificación de los productores, se utilizó la propuesta realizada por Borja *et al.* (2025). A partir de la tipificación se realizó el análisis con estadística descriptiva sobre la comercialización de miel y otros productos derivados de la apicultura. El análisis estadístico de la información se realizó en el software software R Core Team (2024), 4.4.3. versión para Windows. Los datos no mostraron normalidad, por lo que se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, aplicable a datos con una $n>50<1000$. La comparación de los resultados entre los tipos de productores se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis (Quispe-Andía *et al*., 2019). Los análisis se realizaron con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Resultados y discusión

Los apicultores encuestados tuvieron una edad promedio de 49 años. De ellos, 85% son hombres y 15% mujeres, esta actividad puede ser de fomento para las mujeres Raramuris en la sierra Tarahumara, como apoyo al combate a la pobreza y la equidad. El 43.3% tuvieron estudios universitarios, 21.7% nivel de preparatoria, 18.3% cursaron la secundaria, 8.3% la primaria, y el resto no contestaron, pero mencionaron que saben leer y escribir. Los apicultores encuestados fueron clasificados en tres tipos: pequeño, mediano y grande, de acuerdo con la propuesta realizada por Borja *et al.* (2025). El porcentaje de pequeños y

medianos apicultores con estudios aniversarios fue de 21 y 19%, respectivamente, y de 11% de los grandes productores. El 63.8 % no tuvo dependientes menores a 18 años y sus familias se integran de 3 personas en un promedio. El 46.7% de los encuestados tuvieron de 1 a 15 años de experiencia en la apicultura, el 25% de 15 a 30 años y el 28.3% más de 30 años. Para el 46% de los encuestados, la apicultura es su principal fuente de ingresos, y esta actividad aporta hasta el 75% de los ingresos familiares. El 68% recibe algún tipo de apoyo gubernamental (azúcar principalmente).

El 93.1% de los pequeños apicultores consideraron a la miel como el producto de mayor prioridad en su producción; seguido por los medianos y grandes productores con 73.7 y 70.6%, respectivamente. No obstante, la mayor producción de miel la tienen los grandes apicultores, siendo seis veces mayor que los pequeños apicultores (Cuadro 1). En comparación de la media nacional reportada por el INEGI (2022), el 100% de los apicultores se dedican a la producción de miel. Sin embargo, solo el 93.1% lo considera dentro de su actividad principal, donde el 6.9% considera otra actividad apícola prioritaria. En relación a la renta de colmenas el 48% de los apicultores la realizan. El 23.5% de los grandes productores consideran la actividad prioritaria y el 26.5% de los medianos productores la tienen como segunda prioridad dentro de actividad apícola. En el censo agropecuario realizado por el INEGI (2022), no consideró esta actividad, por lo que es posible que los ingresos por esta actividad estén subestimados a nivel nacional. El ingreso por polinización puede compensar la producción de miel en Chihuahua (17.8 kg colmena^{-1}), que es baja en comparación con la media nacional. En el grupo de encuestados, el 3.4% de los pequeños productores considera la venta de propóleo como actividad prioritaria, coincidiendo con reportado por el (INEGI 2022). Respecto a la venta de núcleos, solo el 5.9% de los grandes apicultores consideran la actividad prioritaria. Solo el 6% de los encuestados da valor agregado en productos cosméticos y medicinales.

Cuadro 1. Priorización de la actividad apícola, producto o servicio apícola en el estado de Chihuahua.

Producto	Prioridad*	Tipo de productor (%)			Nacional† (%)
		Pequeño	Mediano	Grande	
Producción de miel	1	93.1	73.7	70.6	99.8
	2	3.4	26.3	23.5	
	3	3.4	0	5.9	
Renta de colmenas para polinización	1	14.7	8.8	23.5	0**
	2	11.8	26.5	8.8	
	3	5.9	0	0	
Producción de propóleo	1	3.4	0	0	3.4
	2	3.4	10.5	5.9	
	3	3.4	21.1	23.5	
Producción de núcleos	1	0	0	5.9	4.1
	2	6.9	10.5	23.5	
	3	3.4	10.5	5.9	

† Censo Agropecuario, INEGI (2022).
*1= prioridad alta, 2= prioridad mediana, 3= prioridad baja. Apicultores reconocieron más de una actividad prioritaria.
** No considera la renta de colmenas para polinización de cultivos como fuente de ingresos económicos.

El precio de venta promedio por kilogramo de miel más alto lo obtuvieron los pequeños productores, con $ 156.38, seguidos por los medianos y grandes productores, $148.05 y $ 133.00 pesos, respectivamente. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre los promedios de los precios (chi-cuadrada = 1.1288, df = 2, p-valor = 0.568). El 81.5% de los apicultores encuestados vende la miel directamente al público consumidor, muy por encima de la media nacional que reporta el INEGI (2022). Es probable que este factor este asociado a un mejor ingreso para el apicultor. Misma situación se observa con la venta al consumidor directo del propóleo y núcleos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipo de comprador de productos apícolas en Chihuahua *vs* Nacional.

Venta de Producto	Consumidor directo		Intermediario		Otros Nacional†
	Chihuahua	Nacional†	Chihuahua	Nacional†	
Miel (%)	81.5*	20.4	24.6	45.4	34.1
Propóleos (%)	92.3	73	7.7	17.9	9.1
Núcleos (%)	100	-	0	-	-

† Censo Agropecuario, INEGI (2022); * El 6% de los productores vende a consumidor directo e intermediario.

El 71% de los apicultores vende en el mercado local y dentro del municipio, seguido del 37% de venta en el mercado estatal y solo 9% participa en el mercado nacional e internacional. Además, algunos de los productores venden en más de un mercado (Figura 1). Los porcentajes de venta para los mercados Nacionales e Internacionales son bajos. Estos valores coinciden con lo reportado en el Cuadros 1 y 2, dónde la venta de productos está enfocada al consumidor directo y la renta de colmenas a los cultivos locales.

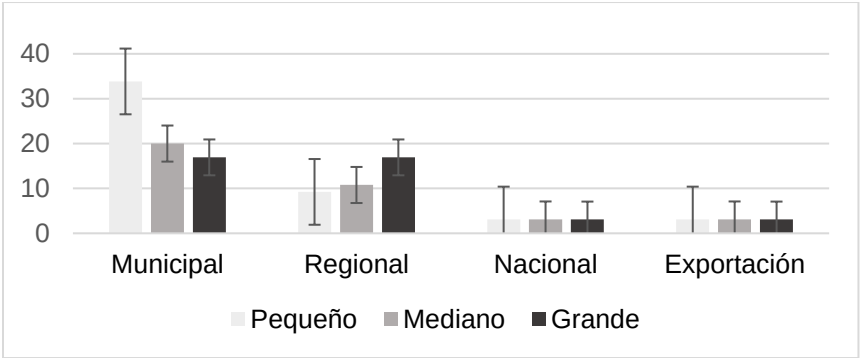


Figura 1. Mercado de venta de la miel, según el tipo de productor (%).

Conclusiones

Para el 46% de los productores la apicultura representa su principal fuente de ingreso. El 48% de los entrevistados consideran la renta de colmenas para polinización de cultivos como actividad prioritaria, además de la producción de miel. El principal mercado de venta es el municipal, y poca participación a nivel nacional e internacional. Una alternativa para incrementar los ingresos de estos apicultores es a través de incrementar el valor agregado y diversificación de los productos y servicios derivados de la apicultura. Además, la apicultura es un área de oportunidad para las mujeres de los pueblos originarios en algunas zonas de la Sierra Tarahumara.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP, por el financiamiento de este estudio a través del proyecto: Tipología de los apicultores del estado de Chihuahua. Registro en SIGI: 1049435152.

Referencias bibliográficas

1. Borja, B.M., Sánchez, T.B.I., Vélez, I.A., Pérez, R.E. & Arellano, A. S. (2025). Características de los tipos de apicultores en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *16*(1), 224-235. https://doi.org/10.22319/rmcp.v16i4.6543
2. INEGI. (2022). Censo Agropecuario (CA). Tabulados. En: https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/#tabulados.
3. Medellin-Pi., R.A. (2012). Impacto de cambio climático en la apicultura. 3er encuentro de apicultores. La Habana, Cuba. En: https://atlasnacionaldelasabejasmx.github.io/atlas/pdfs/1%20Cambio.pdf
4. Pérez, R.E., Gutiérrez, L.R., Borja, B.M., y Royo, M. M.H. (2023). Diagnóstico de la apicultura en Chihuahua. Folleto para productores No. 61. INIFAP-CIRNOC-C.E. La Campana. Aladama, Chih.
5. Quispe-Andía, A. Calla-Vasquez K.M., Yangali-Vicente J.S., Rodríguez-López J.L. & Pumacayo-Palomino I.I. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica. Eidec Editorial. Colombia. 79 p. En: https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estad%C3%ADstica-no-param%C3%A9trica-aplicada.pdf

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS SANITARIOS EN REBAÑOS CAPRINOS CON EL DIAGNÓSTICO DE LINEA BASE COMO HERRAMIENTA.

Raúl Avalos-Castro[1*], José Denis Osuna-Amador[1]

[1]CIRNO, INIFAP – Campo Experimental Todos Santos.

[*]Autor para correspondencia: avalos.raul@inifap.gob.mx

Palabras clave: enfermedades, manejo, mastitis.

Introducción

Los diagnósticos de línea base, entendidos como encuestas descriptivas transversales que proporcionan información cuantitativa sobre el estado actual de los sistemas de producción (FAO, 2008), son herramientas útiles para identificar oportunidades y problemas en las unidades de producción (UP) de una región. En ranchos caprinos, se han documentado experiencias sobre la utilidad de estos diagnósticos al proporcionar información clave para la definición de actividades específicas para mejorar el manejo sanitario de caprinos en México (Palomares-Reséndiz *et al*., 2021), así como para determinar necesidades y definir con precisión el tipo de intervención requerida sobre prácticas de manejo integral de la producción en Baja California Sur (Avalos-Castro *et al*., 2021). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue mostrar la utilidad de los diagnósticos de línea base como herramienta para identificar problemas de salud en rebaños caprinos del municipio de Comondú, Baja California Sur, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó con productores caprinos de las comunidades de San Isidro, La Purísima, Ejido Los Naranjos, Paso Hondo, San José de Guajademí y la Tinaja del Burro, en el municipio de Comondú, Baja California Sur, México. En este trabajo se encuestaron 29 productores caprinos seleccionados a través de un muestreo simple aleatorio, de una base de datos de 200 productores, que fueron parte de un proyecto de desarrollo territorial (PRODETER) implementado por la Secretaria de Agricultura en 2019 para conocer aspectos socioeconómicos, características generales de las unidades de producción, prácticas de manejo y uso de componentes tecnológicos, con preguntas semiestructuradas para obtener información, principalmente, de enfermedades y el uso de tecnologías relacionadas a estas. Las entrevistas fueron realizadas por un técnico con conocimiento de las enfermedades. Por cuestiones prácticas y tomando como criterio cercanía y similitud de condiciones, La Purísima, Ejido Los Naranjos fueron conjugadas en la comunidad de San Isidro; por su parte, las comunidades de San José de Guajademí y La Tinaja del Burro, en Paso Hondo. La información del cuestionario fue capturada y sistematizada en Excel para ser transformada a medias aritméticas y valores porcentuales.

Resultados y discusión

De acuerdo a lo manifestado por los productores encuestados, el sistema de producción predominante es el extensivo, es decir la alimentación del ganado se basa en la utilización de la vegetación del agostadero, entre otras características más Este tipo de sistema de producción es desarrollado por el 81.3 y 84.6 % de los productores de San Isidro y Paso Hondo, respectivamente. El inventario caprino promedio de las unidades de producción de las localidades de San Isidro y Paso Hondo fue de 176.2 y 218.7 cabezas, respectivamente.

Las encuestas mostraron que los problemas de salud que se observan en los rebaños de estas comunidades son diversos y presentan porcentajes de ocurrencia superiores al 75% (Figura 1), siendo para San Isidro y Paso Hondo, respectivamente, los abortos (81 y 93 %), la mastitis (88 y 85 %), neumonía (81 y 77 %) y problemas de ojos (81 y 77 %) las que se presentaron en mayor proporción. Los problemas de aborto pueden ser explicados por la presencia de enfermedades abortivas como la brucelosis, leptospirosis y clamidiasis, todas éstas consideradas endémicas y con potencial zoonótico (Palomares-Reséndiz *et al.,* 2021); por deficiencias nutricionales y problemas de manejo o una combinación de ambos; en este sentido, se ha observado que, cuando las cabras son preñadas con pesos inferiores a los 35 kg (peso vivo menor al 75 % del peso adulto) el riesgo de aborto incrementa.

Adicionalmente, se ha observado que los problemas oculares (comúnmente conocidos como ojo azul) en cabras, son un síntoma secundario de la clamidiasis. El tipo de ordeña que se practica en estas

comunidades es de tipo manual, se realiza dentro de los mismos corrales, no hacen limpieza de ubre, pezones, ni manos y no aplican selladores al finalizar la ordeña; el despunte se realiza por el 31 % de los productores de ambas comunidades. Adicionalmente, la limpieza de los corrales se hace por el 8 % de los productores de Paso Hondo y por el 50 % de los de San Isidro. Todo ello puede estar, en su conjunto, influyendo en el elevado porcentaje de mastitis observado. En este sentido Avalos-Castro *et al*. (2022) refirieron que las probabilidades de mastitis aumentan en cabras que son ordeñadas de manera manual y con falta de higiene en los corrales, llegando a observarse prevalencias de mastitis subclínicas del 86 %.

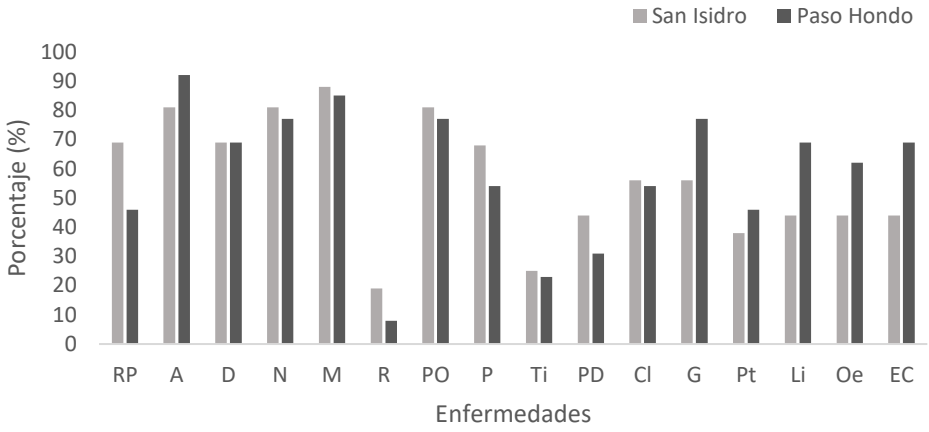


Figura 1. Principales enfermedades o problemas de salud referidas por los productores. RP= retención de placenta, A= abortos, D=diarreas, N= neumonía, M= mastitis, R= rabia, PO= problemas de ojo, P= parasitosis, Ti= timpanismo, PD= partos distócicos, Cl= *Chlamydia*, G= gabarro, Pt= paratuberculosis, Li= linfadenitis, Oe= *oestrus ovis*, EC= ectima contagioso.

También, es posible que el elevado porcentaje de enfermedades referidas por los productores pueda estar relacionados con la limitada proporción de aplicación de vacunas (Cuadro 1), referencia particular a neumonías y diarreas, que se presentan principalmente en cabritos. A pesar de que un porcentaje alto de productores, de ambas comunidades, señalaron realizar prácticas de desparasitación, principalmente interna, se pudo observar que el nivel de parasitosis es alto. Esta información indica que, probablemente, la aplicación de fármacos se está realizando de forma incorrecta (cantidades recomendadas en función del peso) o que solo se realiza a una fracción del rebaño, prácticas que no han permitido una adecuada eliminación de parásitos, generando a la vez resistencia antihelmíntica. Por lo que, para la realización de esta práctica, es vital conocer el peso de los animales, pero a pesar de su importancia, es una práctica poco implementada, en algunos casos debido a la carencia de básculas en las unidades de producción, además de la baja practicidad de usar estos equipos en condiciones de campo, así como al tiempo que se invierte en ella. En este sentido, Avalos-Castro *et al*. (2025) desarrollaron una ecuación que puede estimar con precisión el peso vivo de caprinos de esta zona. Adicionalmente, es necesaria la identificación de los principales parásitos y fármacos utilizados, con el fin de hacer recomendaciones específicas y acordes a la zona.

Cuadro 1. Porcentaje de productores que refirió realizar manejo sanitario.

Localidad	Vacunas	Análisis coproparasitoscópico	Desparasitación interna	Desparasitación externa
San Isidro	13	0	94	75
Paso Hondo	15	8	92	39

El resultado de lo descrito anteriormente es el reflejo de lo observado en el Cuadro 2. La mortalidad en adultos y crías e incidencias de abortos representan un porcentaje importante del total del tamaño de rebaño (14 – 19 %) por unidad de producción de las comunidades. Aunada a la falta de salud del rebaño (alta prevalencia e incidencia de enfermedades) el desecho de cabras por baja producción también puede estar relacionado con la mala condición del agostadero, escasez de forraje, falta de suplementación oportuna y la inadecuada selección de las hembras de reemplazo. El desecho por problemas de patas, es el reflejo del alto porcentaje (mayor al 50 %) de gabarro (pododermatitis) que refieren los productores de ambas comunidades, adicionalmente, se tendrá que explorar en la prevalencia de artritis. Las probables

causas de desecho referente a ubres tienen relación con el alto porcentaje de mastitis observado, adicionalmente, se puede pensar que se está realizando una inadecuada selección de hembras de reemplazo, selección que ha permitido una inserción de ubres, posición y tamaño de pezones no deseables, pero esto se tendrá que explorar.

Cuadro 2. Mortalidad referida en el último ciclo (número de cabezas UP^{-1}) y causa de desecho (% de productores manifestantes) de animales en edad productiva.

Localidad	Mortalidad			Causas de desechos (% de productores)				
	Adultos	Crías	Abortos	Baja Producción	Problemas			Enfermedades
					Reproductivos	Patas	Ubres	
San Isidro	15	4	14	50	19	25	81	31
Paso Hondo	6	10	15	69	8	23	69	39

Conclusiones

El diagnóstico permitió identificar los principales problemas de salud presentes en las comunidades evaluadas, la inadecuada realización de prácticas de manejo y las consecuencias de ellos. Lo observado indica que es necesario explorar a fondo las causas de aborto (infeccioso, nutricional y de manejo), mastitis, tipo de microorganismos asociados a ella, explorar las causas de neumonía y probable resistencia antihelmíntica de los caprinos de esta zona, para con ello realizar recomendaciones acordes.

Agradecimientos

Se agradece la cooperación de los productores de esta zona, por la ayuda otorgada en la toma de datos.

Referencias bibliográficas

1. Avalos-Castro, R., Osuna-Amador, J. D., Cabada-Tavares, C. A., Medina-Córdova, N. de J., Cadena-Iñiguez, P. & Ariza-Flores, R. (2021). Productive and technological characteristics of goat farmers in Comondú, Baja California Sur. *Agro Productividad*
2. Ávalos-Castro, R., Osuna-Amador, J. D., Medina-Córdova, N., Cabada-Tavares, C., & Segura-Correa, J. C (2025). Predicción del peso vivo mediante variables morfométricas en caprinos de Baja California Sur, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems 28. 25.*
3. Ávalos-Castro, R., Palomares-Reséndiz, G., Díaz-Aparicio, E. & Medina-Córdova, N. (2022). Prevalencia de mastitis subclínica y determinación de los factores de riesgo en cabras ordeñadas de forma manual y mecanizada, en rebaños de Comondú, Baja California Sur, México. *Acta Universitaria 32*, e3268.
4. FAO. (2008). El estudio de línea base en un diagnóstico participativo de comunicación rural. https://www.fao.org/4/y5793s/y5793s03.pdf
5. Palomares-Reséndiz, G., Aguilar-Romero, F., Flores-Pérez, C., Gómez-Núñez, L., Gutiérrez-Hernández, J., Herrera-López, E., ... & Díaz-Aparicio, E. (2021). Enfermedades infecciosas de relevancia en la producción caprina, historia, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *12*, 205-223.

RELACIÓN ENTRE FACTORES PRODUCTIVOS Y SOCIALES DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE BOVINOS EN LLERA, TAMAULIPAS.

Oscar Guadalupe Barrón-Bravo[1]*, César Andrés Ángel-Sahagún[2], Ricardo Avilés-Ruiz[1], Rubén Darío Garza-Cedillo[3], José Luis Arispe-Vázquez[4],

[1]Campo Experimental Las Huastecas CIRNE, INIFAP, Altamira, Tamaulipas, México. [2]Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Guanajuato, Irapuato, Guanajuato, México. [3]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Río Bravo, Tamaulipas, México. [4]Campo Experimental Iguala, CIRPAS, INIFAP, Iguala, Guerrero, México.

*Autor para correspondencia: barron.oscar@inifap.gob.mx

Palabras clave: rumiantes, correlación, sustentabilidad.

Introducción

La ganadería tiene funciones económicas, sociales y culturales para la sociedad en hogares rurales a nivel mundial. Además, esta actividad es la base para mejorar la productividad del suelo, medios de vida, transporte, tracción agrícola, diversificación y producción agrícola sostenible, empleo familiar/comunitario, y tradiciones locales (Suarez et al., 2020). Actualmente, México es el séptimo país productor de carne bovina a nivel mundial con más de 2 Mt y en la producción a nivel Mundial y a nivel Latinoamérica aporta aproximadamente del 3 y 10%, respectivamente. México cuenta con 35,224,960 cabezas de bovinos, de los cuáles 32,661,138 (92.72%) son bovinos para producción de carne y doble propósito, y solamente 2,563,822 (7.28%) de los bovinos son para producción de leche; cabe resaltar que este ganado es manejado por 842 mil personas. En el ciclo 2024-2025, los principales exportadores fueron los estados Chihuahua, Sonora, y Tamaulipas (SENASICA, 2025). El conocimiento de la relación entre factores productivos y sociales al caracterizar las Unidades de Producción Familiar (UPF) de Bovinos son el punto de partida para identificar áreas de mejora y proponer alternativas para el fortalecimiento y apoyo, con lo cual se mejora el desarrollo de las UPF, comparando la evolución de los sistemas de producción a través del tiempo y determinando cómo influyen los diferentes factores que inciden en el desarrollo agropecuario (Juárez-Barrientos et al., 2015). Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue determinar la relación entre factores productivos y sociales de unidades en Unidades de Producción Familiar de bovinos en Llera, Tamaulipas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Llera, Tamaulipas, que se localiza entre los 23° 35’ y 23° 02’ N y 99° 17’ y 98° 25’ O, con una altitud de entre 100 a 2,200 msnm. El clima predominante es cálido subhúmedo al semiseco muy cálido con lluvias en verano, con una temperatura de 14 a 26°C y una precipitación anual de 600 a 1,200 mm. Se diseñó y aplicó un cuestionario en el año 2020 a una muestra de 23 productores que se obtuvo de una población de 80 UPF de bovinos registradas en el PRODETER denominado “Productores de Llera”, que incluye las localidades: 1) Congregación la Mina, 2) Conrado Castillo, 3) El Ébano, 4) Emiliano Zapata, 5) Emilio Portes Gil, 6) Felipe Carrillo Puerto, 7) José Ma. Morelos, 8) La Alberca, 9) La Angostura, 10) Las Compuertas, 11) Nuevo San Luis, 12) Rancho Nuevo del Sur y 13) Santa Isabel. Los datos se obtuvieron durante los meses de enero a abril del 2020, recabando información social, económica y productiva de las UPF. Las UPF asociadas de manera formal o informal del municipio de Llera fueron el objetivo, como una de las zonas rurales de atención prioritaria catalogadas como localidades de alta marginación. La determinación del tamaño de muestra en el diseño experimental fue la sugerida por Rojas (2013), mediante la siguiente formula: $n=[(Z^2p_nq/d^2)/(1+(Z^2p_nq/Nd^2)]$. En donde: n es el tamaño de muestra, z es el valor de Z en la tabla de distribución normal estándar para una confianza del 95% (1.96), p_n es la proporción de la población que pertenece al grupo de interés (0.8), d es el nivel de precisión 15% (0.15), q es $(1-p_n)$ = 0.2 y N es el tamaño de la población (80). Sustituyendo los valores se obtiene el resultado de 20.36 encuestas; sin embargo, se realizaron 23 encuestas (debido al interés mostrado por los ganaderos). La encuesta constó de 57 preguntas enfocadas en la caracterización de las UPF para los ganaderos. Se incluyeron variables cuantitativas y cualitativas, las cuáles se agruparon en siete secciones: 1) Características sociales, 2) Conformación del hato y disponibilidad de recursos, 3) Razas de bovinos, 4) Parámetros productivos y reproductivos, 5) Campañas zoosanitarias y vacunas, 6) Manejo preventivo y

control de parásitos en bovinos y 7) Principales enfermedades y causas de desecho en bovinos. De la información obtenida de las encuestas, se organizó una base de datos, para posteriormente analizar los resultados por medio de estadística descriptiva. Para el grado de asociación entre las características sociales y productivas se calcularon los correspondientes coeficientes de correlación de Spearman en el programa estadístico Statgraphics (2017).

Resultados

Existió correlación entre algunos factores productivos y algunos factores sociales (Cuadro 1). Se observó una correlación negativa entre peso al destete con la escolaridad del productor (r=-0.43, P = 0.040), lo cual se debe a que es más complicado obtener información respecto a nuevas tecnologías y formas de manejo de los animales; también se obtuvo una correlación negativa entre peso al destete y la superficie total de la UPF, (r=-0.63, P = 0.001), esto debido probablemente a que al tener menor superficie se cuenta con menos animales, lo que permite una atención más individualizada en los hatos pequeños; existió correlación positiva entre peso al destete y ganancia diaria de peso (r=0.64, P = 0.001), lo cual fue porque al tener mayor ganancia diaria de peso las crías llegan más rápido al peso requerido para el destete (promedio 175.4 kg) principalmente de los machos a la venta; existió correlación negativa entre ganancia diaria de peso y edad al destete (r=-0.45, P = 0.022), esto se debe a que al aumentar más rápido de peso llegan a menor edad al peso requerido los becerros, en este mercado los productores mencionan que el precio en Kg de los bovinos que pasan los 200 kg es pagado a menor precio, por lo que procuran venderlos antes de ese peso; existió correlación positiva entre la superficie total de la UPF y el hato total (r=0.50, P = 0.016), esto debido a que un productor que tiene más terreno a su disposición puede alimentar en sus praderas a más cabezas de ganado; existió correlación negativa entre la escolaridad del productor y el intervalo entre partos (r=-0.48, P = 0.020), lo cual se debe a la dificultad para capacitarse y acceder a la información sobre los parámetros y tecnologías reproductivas; existió correlación negativa entre la escolaridad del productor y la edad del productor (r=-0.49, P = 0.018), esto debido a que anteriormente el sistema de educación básica se dificultaba por la lejanía de los centros escolares en las comunidades rurales limitando el acceso a los recursos educativos y con el paso del tiempo se han generado estrategias para avanzar en la aplicación del modelo de educación comunitaria para el bienestar; existió correlación negativa entre tiempo recibiendo asistencia técnica y edad al destete (r=-0.36, P = 0.087), lo cual lo cual indica que al disminuir la asistencia técnica aumenta la edad al destete, la asistencia técnica capacita al productor para mejorar sus parámetros productivos llegando más pronto a la edad en que conviene comercializar al ganado.

Cuadro 1. Correlaciones entre factores productivos y sociales calculados de las UPF de bovinos en Llera, Tamaulipas

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN			
Factores productivos		**r**	**Valor de P**
Peso al destete (Kg)	Escolaridad del productor (años)	-0.43	0.040
Peso al destete (Kg)	Superficie total de la UPF (ha)	-0.63	0.001
Peso al destete (Kg)	Ganancia diaria de peso (gr)	0.64	0.001
Ganancia diaria de peso (gr)	Edad al destete (días)	-0.45	0.022
Superficie total de la UPF (ha)	Hato total (cabezas)	0.50	0.016
Factores sociales			
Escolaridad del Productor (años)	Intervalo entre partos (días)	-0.48	0.020
Escolaridad del Productor (años)	Edad del Productor (años)	-0.49	0.018
Tiempo recibiendo asistencia técnica (años)	Edad al destete (días)	-0.36	0.087

Discusión

El nivel educativo que presentaron los productores es bajo y su edad es avanzada, el sistema predominante en la región es la producción de carne en el sistema vaca becerro mediante el pastoreo extensivo, el sistema es caracterizado por una baja productividad y nivel tecnológico, donde se detectaron deficiencias en el manejo de la reproducción, afectaciones que retardan incorporación de las hembras a la reproducción. El nivel de escolaridad tiene una relación importante con el grado de adopción de tecnologías, esto puede influir directamente en los parámetros productivos, como el intervalo y entre partos entre otros, debido al desconocimiento de cuáles son los rangos aceptables en dichos parámetros los productores con bajo nivel de escolaridad tienen escasa adopción de tecnologías (Salas-González et al., 2013). Otra de las correlaciones encontradas es la superficie total de la UPF con el hato total, el cual además de tiene

implicaciones más profundas como lo menciona Cuevas-Reyes et al. (2013), quienes señalan que los productores con extensiones pequeñas de pastoreo se inclinan por adoptar innovaciones tecnológicas relacionadas con el manejo de praderas, para prevenir la escasez de forraje durante la época de seca, haciendo un uso sustentable de sus praderas para aumentar las variables productivas y mejorar el desempeño económico de las unidades de producción. En sistemas de producción de doble propósito en Veracruz, México, reportaron que la asistencia técnica aumentó la producción, debido a que los productores tuvieron mayor capacitación a través de los prestadores de servicio profesional, lo cual se reflejó directamente en los parámetros productivos de las unidades de producción de bovinos, y que ésto enriquece los conocimientos sobre el manejo y mejora en varios aspectos (Valdovinos-Terán et al., 2015).

Conclusiones

Existió correlación entre los factores productivos: peso al destete, ganancia diaria de peso, superficie total que dispone, edad al destete, hato total e intervalo de partos, y los factores sociales: años de estudio del productor tiempo recibiendo asistencia técnica, y edad del productor. Dada la complejidad que implica un sistema de producción bovina que combina factores biológicos y sociales, las correlaciones son en su mayoría son de tipo medio. Asimismo, el peso al destete está relacionado de manera directa con la ganancia diaria de peso, misma que a su vez se relacionó en forma negativa con la superficie de la UPF. El nivel de escolaridad tiene una relación importante con el grado de adopción de tecnologías, lo cual influye directamente en los parámetros productivos de los hatos. Es muy importante el conocimiento de como se relacionan los factores productivos con los factores sociales en las unidades de producción familiar de bovinos de México ya que esto influye directamente en la forma de apoyarlas para lograr la soberanía alimentaria y sustentabilidad.

Agradecimientos

Se agradece a las Unidades de Producción de Bovinos del grupo denominado “Productores de Llera” participantes en el Proyecto de Desarrollo Territorial (PRODETER), a los ganaderos y sus familias por las facilidades brindadas.

Fuente financiadora

Se agradece al Gobierno del Estado de Tamaulipas y a la Secretaria de Desarrollo Rural (SADER) por el financiamiento otorgado para realizar el Diagnóstico, Transferencia de Tecnología y Apoyo Técnico para atender las necesidades del Proyecto titulado: “Transferencia de tecnología para incrementar la producción y calidad de miel en el municipio de Llera, Tamaulipas”.

Referencias bibliográficas

1. Cuevas-Reyes V, Baca-del Moral J, Cervantes-Escoto F, Espinosa-García JA, Aguilar-Ávila J, Loaiza-Meza A. 2013. Factores que determinan el uso de innovaciones tecnológicas en la ganadería de doble propósito en Sinaloa, México. Rev Mex Cienc Pecu. 4 (1): 31-46. ISSN 2448-6698.
2. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000100003&lng=es
3. Juárez-Barrientos JM, Herman LE, Soto EA, Ávalos CDA, Vilaboa AJ, Díaz RP. 2015. Tipificación de sistemas de doble propósito para producción de leche en el distrito de desarrollo rural 008, Veracruz, México. Revista Científica, FCV-LUZ. XXV(4): 317-323. ISSN: 0798-2259. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95941173007
4. Salas-González JM, Leos JA, Sagarnaga LM, Zavala-Pineda MJ. 2013. Adopción de tecnologías por productores beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN) en México. Rev Mex Cienc Pecu. 4 (2): 243-254. ISSN 2448-6698. https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v4n2/v4n2a10.pdf
5. Suarez VH, Martínez GM, Olmos LH, Arapa C, Cortez HS, Rojas MC, Brihuega BF, Santillán G, Álvarez I, Goz ML. 2020. Problemas sanitarios de las majadas caprinas en los sistemas familiares de los valles calchaquies (Payogasta, Salta). FAVE – Sección Ciencias Veterinarias. 19: 40 – 49. ISSN 2362-5589.
6. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2362-55892020000200040&lng=es&tlng=es
7. Valdovinos-Terán ME, Espinoza-García JA, Vélez-Izquierdo A. 2015. Innovación y eficiencia de unidades bovinas de doble propósito en Veracruz. Rev. Mex. Agroneg. 36: 1306-1314. ISSN 1405 9282. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14132408016

.

INVESTIGACIÓN REPORTADA SOBRE LA OVINOCULTURA MEXICANA EN LO QUE VA DEL SIGLO.

Dulce Jannet Hernández-López[1]* Noe Orlando Juárez-López[1], Everardo González-Padilla[1]
[1]FMVZ UNAM

*Autor para correspondencia: djhl1998@hotmail.com

Palabras clave: bibliometría, ovinocultura, investigación.

Introducción

La ovinocultura es una actividad con una larga tradición en México y un papel relevante a lo largo de la historia en varias regiones del país. En regiones como el estado de México, Hidalgo y Veracruz (Gobierno de México 2024), hay una tradición de ganadería ovina destacada debido a que cuentan con condiciones climáticas y topográficas bastantes favorables para llevar a cabo actividades de esta índole. A pesar de esto, la ovinocultura en el territorio mexicano se encuentra con dificultades aun el de hoy que desembocan en una productividad menor de lo que su potencial promete. Los esfuerzos de investigación en la ovinocultura nacional son dispersos por lo cual el objetivo de este trabajo fue dar a conocer los trabajos de investigación en México acerca de la especie ovina en los últimos 25 años a partir de una búsqueda bibliográfica para tratar de analizar en que se están centrando y poder orientar a los tomadores de decisiones sobre congruencia y pertinencia que recibe el sector, además de permitir acercar el conocimiento y dar difusión de esta especie a más personas involucradas en la actividad.

Materiales y métodos

Se conformó una base de datos, con una muestra de 829 trabajos de investigación que fueran hechos en México en el período del 2000 al 2025, no se aceptaron revisiones bibliográficas ni estudios de caso. Fueron capturados en la base de datos con las siguientes variables: Nombre del artículo, tipo de publicación, instituciones participantes (no se hizo diferenciación entre procedencia del primer autor, segundo autor y aledaños), año de publicación, estado de origen de la investigación, área, disciplina, etapa productiva, biotipo y razas usadas; cuando no se mencionaba la etapa productiva o el biotipo se colocó “NA” que significa que no aplica a la variable. En la figura 1 se muestra el organigrama de la información.

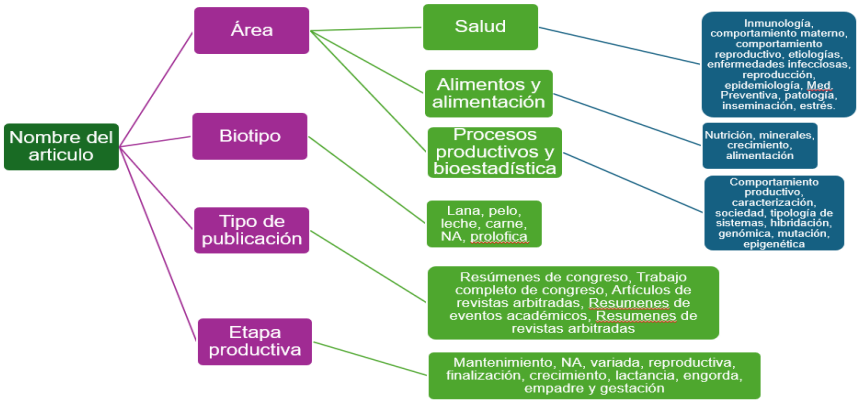


Figura 1. Organigrama de información

Se utilizó fuentes de información a buscadores como Scielo, Google Académico y Redalyc así como las páginas oficiales de revistas mexicanas; Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, Veterinaria México OA, así como las memorias de congresos y reuniones científicas.
Se obtuvo las frecuencias de publicaciones por estado, por área y por periodo, así mismo se observó el biotipo y la etapa productiva que se utilizó con mayor frecuencia. Se realizó una Ji-Cuadrada de homogeneidad de proporciones para las variables de área y periodo de tiempo (se agrupó en 5 periodos:

2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, 2016-2020, 2021-2025). El cuadro de contingencia y análisis estadístico se obtuvo en RStudio (RStudio 2024.09.0)

Resultados y discusión

El tipo de publicación con más predominancia son los resúmenes de eventos académicos con un 58.52%, le sigue los resúmenes de congreso con un 20.07%, mientras que las publicaciones en revistas arbitradas se obtuvo un porcentaje del 12.33%. La mayoría de los trabajos publicados en congreso no llegan a ser publicados en revistas arbitradas, este porcentaje da un indicio de la proporción de trabajos publicados en revistas conforme a los trabajos recibidos en congresos y reuniones científicas.

El año que más Trabajos de investigación hubo fue el 2013 con 93 trabajos, siendo un 11.22% del total de los últimos 24 años, mientras que el 2020 fue el año con menor porcentaje de trabajos de investigación, coincide con el inicio de la pandemia de COVID, al igual que en 2009 con el inicio de la Epidemia de la influenza H1N1, siendo el segundo año con menos cantidad de trabajos de investigación publicados.

Él área más estudiada en general es Salud, le sigue Alimentos y alimentación y por último Procesos productivos y bioestadística. En el ramo de la salud están dentro disciplinas como; enfermedades infecciosas, etiología, epidemiología y medicina preventiva, trabajos de investigación que nos ayudan a comprender la causa de diferentes enfermedades, su funcionamiento, su propagación, así como su prevención, dado que, un animal enfermo es pérdida económica para el productor. Alimentos y alimentación corresponde a la necesidad de encontrar siempre nuevos ingredientes digestibles y que vuelvan más eficiente la producción para integrar en las dietas de ovinos, puesto que corresponde desde un 60 hasta un 80% de los gastos totales para un productor.

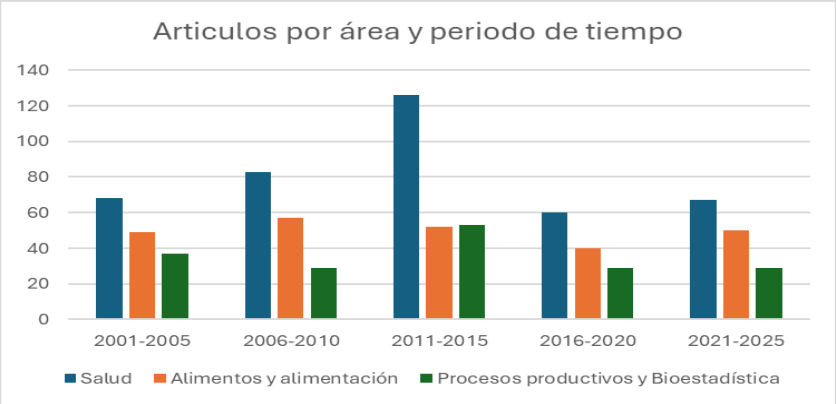


Figura 2. Frecuencias de artículos por área y periodo de tiempo.

El Estado de México es el de mayor contribución con el 28.11 % de la investigación total del país en ovinocultura, no es de extrañarse puesto que encabeza el primer lugar en el inventario en ovinos (SIAP 2024) y el de menor contribución es Baja California Sur con 0.24%.

La institución que proporciona y participa en más trabajos de investigación es INIFAP con un total de 276 trabajos, hay que recordar que esta institución tiene centros de investigación ubicados en varios puntos del país, por lo que puede ser un gran factor que esté relacionado con el número de publicaciones. A lo largo de los periodos se ven fluctuaciones en el número de trabajos en instituciones como la UNAM CU, UNAM Cuautitlán, la universidad autónoma del Estado de México y la de Yucatán, siendo su periodo más fuerte del 2001-2005, y a excepción de UNAM Cuautitlán, desciende la cantidad de trabajos publicados conforme el transcurso de los periodos.

El 41.13% de los trabajos de investigación usan ovinos de pelo debido de que es un biotipo que se considera rustico, de doble propósito y fácil de mantener, hay menor probabilidad de que los experimentos se vean afectados por variables propias de la especie al interactuar con el medio ambiente, además de que una vez hay investigaciones en ciertas razas de borregos, se suele tomar como referencia y comparación para futuros trabajos. Los 30.52% no aplica la etapa productiva sin embargo le sigue la etapa de Crecimiento con un 20.99% de participación, esta etapa es la más participe debido a que la ovinocultura

está más orientada hacia la producción de carne, por lo que los experimentos estén orientados hacia la etapa donde el animal se está desarrollando y hay una mayor ganancia de peso.
La cantidad de trabajos de investigación obtenidos en cada área es homogénea dentro de cada periodo debido a que se obtuvo un P-value de 0.1875 donde no hay suficiente evidencia significativa para rechazar la hipótesis nula.

Conclusión

Hay factores que influyen en la publicación de trabajos de investigación de la ovinocultura mexicana, como lo son pandemias, interés social en la pérdida económica que representa alguna enfermedad o tipo de alimentación, la ubicación de las instituciones, así como los recursos que tienen. Aunque hay una aparente disminución de trabajos de investigación en ciertas instituciones, la cantidad total por área es homogénea conforme el paso del tiempo, lo que da a denotar que la investigación en ovinos es constante en las 3 áreas principales de investigación.

Referencias bibliográficas

1. Gobierno de México (2024). Detrás de la ovinocultura: Una mirada a la cría de ovejas en México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/detras-de-la-ovinocultura-una-mirada-a-la-crianza-de-ovejas-en-mexico
2. R Core Team (2023). _R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.
3. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023). Población ganadera. Recuperado de https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/

ANÁLISIS ESTRUCTURAL PROSPECTIVO PARA EL DESARROLLO DE CAPACIDADES TÉCNICAS DE LA PORCICULTURA DE TRASPATIO.

Gerardo Barrera Camacho[1]*, Oswaldo Barrera Torres[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Uruapan, [2]Postgrado IMCED

*Autor para correspondencia: barrera.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: análisis estructural, desarrollo de capacidades, porcicultura.

Introducción

Lo responsables políticos y tomadores de decisiones, deben identificar los factores que influirán y determinarán la dependencia en un ámbito específico en el futuro, en el campo del desarrollo rural será vital los factores que aseguren un mayor grado de aceptación de tecnología que impacte en el desarrollo rural sustentable. Los programas de desarrollo de capacidades técnicas productivas, comprende mejorar habilidades y conocimientos entre otros como medio para lograr una mejor calidad de vida. El proponer programas de transferencia de tecnología sin identificar los factores impulsores; así como, la participación de los actores involucrados son esfuerzos vanos que no conducirán al logro del objetivo establecido. La agricultura y ganadería en países en desarrollo, señala Barati A. A., *et al* (2019), es un sistema complejo debido al riesgo de diversa naturaleza que enfrenta, de actores autónomos y a los procesos de adaptación a condiciones políticas, económicas y ambientales; por lo que, necesitan ser considerados factores o variables por los formuladores de políticas públicas que influencien el desarrollo rural. Los pequeños agricultores enfrentan problemas cada vez más complejos y las instituciones públicas de desarrollo rural lo impulsa a través de políticas de extensionismo, transferencia e innovación tecnológica. En trabajo realizado por Ocampo, L. *et al* (2022) señala que la bibliografía actual se limita a identificar los factores que impulsan la productividad de investigación en las instituciones de educación superior sin examinar directamente sus interrelaciones lo que brindaría ideas fundamentales de la naturaleza de los factores. Si la productividad científica implica un grado de desarrollo agrícola, entonces es un desafío las tasas bajas de adopción técnica y la implementación de programas de extensión agrícola como estrategia no ha cumplido su cometido Barrera C. G. *et al.* (2020). Con el fin de mostrar los factores que facilitan la adopción de tecnología en el sector lechero y su interacción, Kaushid, H. y Rajwanshi, R., (2023), usan la metodología ISM-MICMAC dada la escaza aceptación e implementación de tecnologías eficaces en el sector lechero para sus factores impulsores. Por lo que el objetivo del trabajo fue identificar los factores estratégicos que impulsen la aceptación de tecnología y, por ende, su adopción con base a la priorización de variables relevantes y su posicionamiento según sus relaciones causales de influencia y dependencia.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en los municipios de Cuitzeo, Huandacareo, Chucándiro, Santa Ana Maya, Álvaro Obregón, Zinapécuaro y Tarímbaro ubicados en la ribera del lago de Cuitzeo Michoacán. Se realizaron reuniones de presentación de un proyecto de transferencia de tecnología sustentable, con actores clave: productores, agentes de cambio y tomadores de decisiones políticas a nivel municipal. Se identificaron los factores limitantes en la aceptación de la tecnología por parte de los actores señalados, de manera participativa. La conformación de las estrategias y escenarios de acciones para el desarrollo de capacidades técnicas, hace uso de la metodología matriz de impacto cruzado de multiplicación de referencia (MICMAC por sus siglas en inglés), según Barati A. A., *et al* (2019). Actores clave productores, agentes de cambio y servidores públicos municipales que identificaron y valoraron las relaciones entre factores horizontal y verticalmente y se construyó la matriz de análisis estructural para determinar el grado de influencia entre de factor *i* y *j*; 0 nula, 1 leve, 2 media y 3 fuerte y potencial. El cruce entre las N variables o factores es de magnitud Nx(N-1). La influencia de las variables se totalizan en hileras y columnas, la suma de las valoraciones de las hileras da la importancia de la influencia de acuerdo con la ecuación $ID_j = \sum_{j=1}^{n} V_{ij}$, *i* y *j*=1,2…,*n* y con $DD_i = \sum_{i=1}^{n} V_{ij}$ *i* y *j*=1,2…,*n* proporciona el grado de dependencia entre variables. La clasificación se obtiene de elevar potencialmente la matriz, y la comparación jerárquica de las variables en directa, indirecta y potencial, lo que indicará la importancia del papel que juegan en el proceso. La

interpretación del análisis estructural se fundamenta en dos conceptos; dependencia, subordinación de una variable con respecto a las otras y motricidad o influencia, impacto de una variable sobre las otras. La motricidad y la dependencia de cada variable se representan en un plano cartesiano con dos ejes: la abscisa representa la dependencia y la ordenada a la influencia, lo que muestra los resultados en términos de influencia y dependencia, que permite determinar cuáles son los factores más influyentes y cuáles son los más dependientes; por lo tanto, la variable estratégica será la que tenga la más alta valoración de influencia y dependencia.

Resultados y discusión

Las variables identificadas resultado de la acción participativa de los actores en las participantes, se organizaron en componentes de la sustentabilidad: económico, social y ambiental como importantes para contribuir al desarrollo sustentable de los productores de la ribera del lago de Cuitzeo. De manera agregada y agrupadas en las dimensiones que comprende la sustentabilidad de los nueve municipios. De lo anterior resulta una matriz 13x13 con 156 cuestionamientos de sus relaciones valorándolas con 0: nula, 1: leve, 2: media y 3: alta dependencia o relación o influencia. La suma de valoraciones en hilera define la motricidad, en tanto que, las columnas la dependencia, los cuales se presentan en el cuadro1. La definición de los cuadrantes de la matriz resultante considera su respectiva media de 28 para ambas variables: motricidad y dependencia.

Cuadro 1. Variables identificadas importantes por componente sustentable y su valoración de motricidad y dependencia.

Número	Componente	Nombre	Variable	
I	***Económico***		Motricidad	Dependencia
I.1.	Precios bajos del cerdo.	P_bajos	28	24
I.2.	Costos altos de producción.	C_altos	36	30
I.3.	Baja rentabilidad.	Ren_baja	38	31
I.4.	Carencia de apoyo financiero.	C_apo_fin	30	25
I.5.	Bajos Ingresos.	B_ingresos	33	24
I.6.	Granjas de baja inversión.	B_inv	39	28
II	***Social***			
II.1	Nivel educativo.	N_educativo	37	30
II.2	Edad del productor.	Edad porc	15	32
II.3	Experiencia como productor.	Exp_porc	14	22
II.4	Índice de marginación alto.	Img-alto	24	29
II.5	Actividad complementaria al ingreso.	Act_comp	26	31
III	***Ambiental***			
III.1	Contaminación de canales por	Cont_descarga	29	27
III.2	Emisión de gases por mala gestión de	Manejo cerdaza	15	28
III.3	Contaminación del lago.	Cont del Lago	28	31

La figura 1, muestra la clasificación de factores o variables estratégicas que deben considerarse con la intervención orientada del proyecto y que tenga un considerable impacto al desarrollo sustentable de los productores. Lo anterior, con base a su ubicación dentro de los cuadrantes: I poder, II conflicto, III resultados y IV conflicto falso (variable autónoma). Los resultados muestran que las variables estratégicas bajo el control del sistema, cuadrante II alta motricidad y dependencia, son N_educativo, Ren_baja, C-altos y Cont_lago; es decir; se debe actuar e influir en el corto plazo y considerarlas en la estrategia de la trasferencia de tecnología. En el cuadrante I (zona de poder), no están en el control del sistema los B_ingresos, C_apo_fin, Cont_descarga, P_bajos y B_inv, pero inciden de manera muy influyente; por lo tanto, hay que desarrollar estrategias de mediano y largo plazo para afectarlas. En tanto en el cuadrante III se encuentran Act_comp, Img-alto, Edad porc y Manejo cerdaza de motricidad baja con dependencia alta, lo que las ubican como dependientes del sistema; para ellas se deben desarrollar estrategias no

prioritarias, ya que los efectos o resultados dependen de las variables de la zona de conflicto y de poder. En el cuadrante IV se encuentra la Exp_porc y es una variable de problema falso por su baja motricidad y dependencia; por lo que, es variable de entorno y se monitoreará y dará seguimiento por su nula influencia en el sistema.

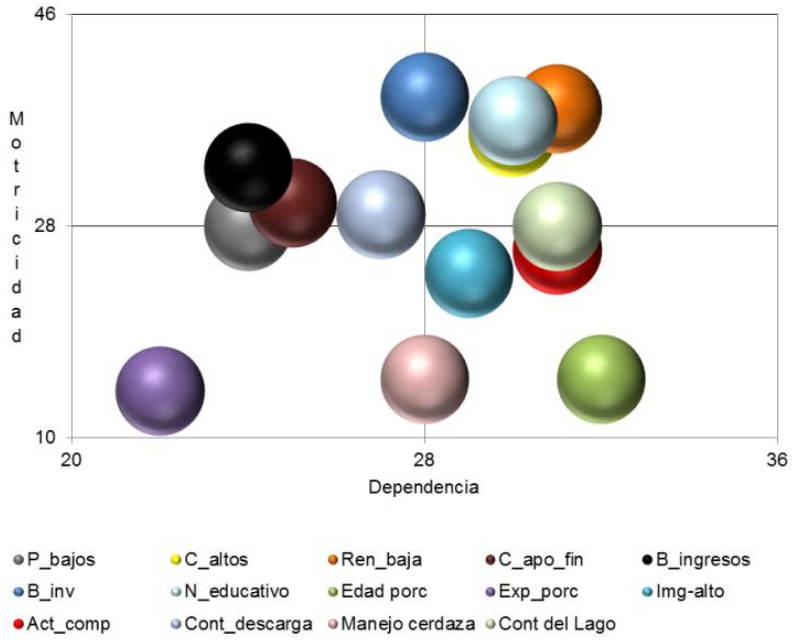


Figura 1. Ubicación de variables identificadas según su grado de influencia.

Conclusiones

Se dispone de las variables estratégicas y de mayor influencia a considerar en la estructuración del programa de desarrollo de capacidades de impacto en el desarrollo sustentable de los productores de la ribera del lago de Cuitzeo.

Agradecimiento y fuente financiadora

Los autores agradecen al Proyecto INIFAP SIGI 11185034490

Referencias bibliográficas

1. Barati, A. A., Azadi, H., Dehghani Pour, M., Lebailly, P., & Qafori, M. 2019. Determining Key Agricultural Strategic Factors Using AHP-MICMAC. *Sustainability 11*(14), 1-17. https://doi.org/10.3390/su11143947.
2. Barrera C. G., Silva S. M., González C. M. 2020. INTENSIÒN DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA POR PORCIULTORES DE LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO, MICHOACÁN. MEMORIA Congreso Nacional de Mitigación Daño Ambiental en el Sector Agropecuario y Forestal de México. 3(1): 112-115. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://99c0a978-dd38-41b4-b635-28995015255f.filesusr.com/ugd/3a1488_170f4597fb0a4fb697a29e987f43f56f.pdf.
3. Kaushid, H., Rajwanshi, R., 2023. Examining the Linkages of Technology Adoption Enablers in Context of Dairy Farming Using ISM-MICMAC Approach. Research on World Agricultural Economy 4(4), 887. http://doi.org/10.36956/rwae.v4i4.887.
4. Ocampo, L.; Aro, J.L.;Evangelista, S.S.; Maturan, F.;Yamagishi, K.; Mamhot, D.; Mamhot, D.F.; Calibo-Senit, D.I.; Tibay, E.; Pepito, J.; *et al*. 2022. Research Productivity for Augmenting the Innovation Potential of Higher Education Institutions: An Interpretive Structural Modeling Approach and MICMAC Analysis. J. Open Innov.Technol. Mark. Complex. 8, 148. https://doi.org/10.3390/joitmc8030148.

EFICIENCIA BIOECONÓMICA DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA DEL SISTEMA DE TRASPATIO REPRESENTATIVAS EN LA RIBERA DEL LAGO DE CUITZEO MICHOACÁN.

Gerardo Barrera-Camacho[1]*, Maricruz Calderón-González[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Uruapan,[2]PSP

*Autor para correspondencia: barrera.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: desarrollo sustentable, porcicultura, índices de eficiencia.

Introducción

Una opción estratégica para aliviar la pobreza en comunidades rurales marginales es la producción de cerdos a pequeña escala, conocida como traspatio, rural, familiar o artesanal (SPT), la cual está vinculada a tecnología moderna y tradicional. Preocupa su eficiencia productiva y la gestión inadecuada de subproductos de la actividad dado el contexto socioeconómico de los productores; acumulación de cerdaza a un lado del chiquero y por otro la descarga de efluentes con carga orgánica y minerales a cuerpos de agua. No consideran que poseen un potencial para su reciclo e incorporación al sistema de producción, para mitigar de manera significativa el daño ambiental y contribuir a la mejora de su ingreso. Los trabajos de investigación en bioeconomía representan un tema actual porque sus resultados son materia fundamental para políticas de protección del medio ambiente y mitigar los efectos del cambio climático. Este concepto señala Cismas L. M., *et al* (2023), es la estrategia de las unidades de producción que implica el uso sostenible de recursos. Sin embargo, Leavy S., *et al* (2024) indica que la diferencia de estrategias nacionales, es la esencia del concepto de bioeconomía que se considera a la hora de trazar las medidas a impulsar. La bioeconomía es un enfoque innovador para el desarrollo económico, que comprende principios fundamentales como sustentabilidad, uso eficiente de recursos y la circularidad, así está vinculado a conceptos tales como la economía verde y la economía circular. Los avances tecnológicos en el sector agropecuario son innegables, así como su impacto en la productividad, a pesar de ello en el medio académico y político han surgido dudas sobre el desempeño en la conservación del ambiente de los sistemas de producción agropecuarios. En la evaluación de eficiencia bioeconómica de sistemas de producción ganaderos Marques, P. R. *et al* (2017) menciona, se asume que los impulsores que la determinan son dos: la tecnología usada y la disciplina administrativa siempre y cuando se tenga control de ellos. La preocupación manifiesta por la ineficiencia del uso alternativo de subproductos del SPT a demandado incorporar innovaciones tecnológicas sustentables; por lo que, la inclusión del ensilado de cerdaza en la alimentación de cerdos de engorda, es una alternativa factible para el mejorar el ingreso y mitigar el daño ambiental. El objetivo fue comparar la eficiencia por tipo de granja representativa del SPT con base a su índice de eficiencia bioeconómica (IEB).

Materiales y métodos

La zona de estudio fue en tres municipios de la ribera del lago de Cuitzeo, Tarímbaro, Cuitzeo y Huandacareo del estado de Michoacán. Las tecnologías de alimentación comprendidas en la etapa de engorda son: 1).- Tradicional (AT_1) con sorgo (S) y concentrado comercial (CC) en proporción de 70 y 30% respectivamente; 2).- Tradicional (AT_2) con 75% de S y 25% de balanceado comercial (BC), BC con inclusión de ensilado de cerdaza al 25% (ABC_{25}) y 3).- Alimentación alternativa, S y cema (C), subproducto del trigo, con inclusión de ensilado de cerdaza al 25% (AIE_{25}). La gestión de la cerdaza es el ensilado e incorporado como opción tecnológica al SPT de cerdos y evita sigan acumulándola de la limpieza en seco de corrales o descargando a drenaje o cuerpos de agua por la limpieza húmeda, con chorro de agua. Lo primero contribuye a reducir la emisión de GEI y la segunda la contaminación del cuerpo receptor final, el Lago de Cuitzeo. Se realiza una tipología de granjas representativas, más frecuentes, existentes en la zona de estudio a partir de características como número de vientres, tamaño de lote de engorda y etapa de producción comprendida; de ciclo completo (CC) y compra de lechón destetado (CD). Se estandarizo la engorda a 100 kg de peso final del cerdo. Se estimó el índice simple de reciclo de cerdaza (IRC); es decir, cantidad de cerdaza ensilada entre la total producida y índice de eficiencia bioeconómica (IEB) propuesto

por Lambert, V. N., *et al* (2012), mismo que está determinada por la combinación del precio obtenido por el producto o de los insumos; ya que es posible ser eficiente con valores altos o bajos de cualquiera de esas variables, tanto que existe una compensación por las otras. El índice permite evaluar esta combinación usando relaciones de isoeficiencia con la ecuación $IEB = N \times \frac{\sum_{i=1}^{k} VP_k}{\sum_{j=1}^{N} C_N}$ dónde: N es el número de componentes (insumos); k, cantidad de productos de la actividad; VP_k, valor del producto (cerdo finalizado) k, C_N, es el costo de producción del componente N ($). Su interpretación es: eficiente sí IEB≥N e ineficiente sí IEB<N es ineficiente. Se estiman dos componentes individuales del IEB: 1). Eficiencia animal (EA) valor de la producción entre costo de lote bajo engorda, cerdos destetados para engorda, imputando el costo de cerdo destetado para todas las granjas. y 2). Eficiencia de insumo alimenticio (EI), en este caso el cociente de valor de la producción y el costo de producción de engorda; por lo que, N=2. Los precios y costos son valorados a precios corrientes, el alimento consumido en kilogramos por unidad animal (UA), la productividad en kilogramos en peso vivo. Se consideran unidades de 5 (cinco) cerdos en engorda por granja tipo, los cuales se pesaron al inicio de la etapa de engorda con el fin de tener la referencia base de peso y a la venta (finalización). Para el caso de estar seguros de la sanidad del alimento con inclusión de ensilado (EC), en la dieta se realizaron análisis bacteriológicos y bromatológicos del alimento de muestra compuesta de cuatro submuestras de alimento y realizados por la Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Resultados y discusión

La tipología de las granjas se basó en un análisis estadístico descriptivo de 60, las cuales se les dio seguimiento en los años 2023 y 2024. Se identificaron cuatro tipos de granjas con características peculiares que se muestran en el cuadro 1, 36 granjas son de tipo ciclo completo (CC) y 24 de etapa de engorda con compra de destetado (CD). Las de CC muestran un valor mínimo de uno a máximo de 10 vientres; siendo el más frecuente el rango de 1 a 3; es decir, 29 granjas con un tamaño de lote puesto en la etapa productiva, ajustándolo tasa de natalidad y mortandad, de 20 cerdos. La mayor proporción la representan las granjas I y IV con un 87%; es decir 52 granjas; estas poseen la misma escala de producción. Lo anterior también indica que son granjas pequeñas, tanto de CC o CD, por lo que su nivel tecnológico es bajo y fortalece lo dicho que es una estrategia como fuente secundaria de ingreso para las familias del SPT.

Cuadro 1. Características de granja tipo representativas de tres municipios de la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán.

Tipo	Granja	%	Número de	
			vientres	Cerdos
I	CC	48	1 – 3	20
II	CC	8	4 – 6	50
III	CC	5	7 – 10	85
IV	CD	39	0	20

Fuente: Cálculos propios.

Con relación al IEB calculados se muestran en el cuadro 2, los cuales denotan que todas las tecnologías de alimentación son eficientes, IEB>2; el IEB más bajo lo presenta AT_1, y en orden de mayor eficiencia fueron son el AIC_{25}, ABC_{25} y AT_2. El componente que aporta a tal eficiencia es el origen del alimento y de sus complementos como lo es el S y la C; así como, la inclusión del EC al 25% la cual sustituye al grano en la formulación del alimento. También, la diferencia en costo de producción está en la clase del alimento comercial, lo cual es por lo general en las granjas I, II y III con relación a lo que formula la granja IV. Además, es significativo subrayar que la tipo III y IV producen su propio grano y lo utilizan para complementar al alimento suministrado al animal. Interesante es la diferencia de IEB entre la granja I y IV del 2.5 y que la primera prácticamente está al límite de la eficiencia, en cuanto la IV presenta un margen del 2 para hacer mejoras en la granja, principalmente en el componente animal. La diferencia entre AT_1 y AT_2 es poca pues las dos suministran alimento comercia concentrado y balanceado que adquieren a costo diferenciado, pues escasea el producto en las forrajeras establecidas en las localidades bajo estudio; también es peculiar la escases o inexistencia de melaza, la cual se utiliza en la preparación del ensilado de cerdaza.

.

Cuadro 2. Índices calculados por tipo de granja representativa en tres municipios de la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán.

Tipo	Granja	Tecnología de alimentación	IEB	IRC
I	CC	ABC_{25}	3.5	20
II	CC	AT_2	2.8	15
III	CC	AT_1	2.0	10
IV	CD	AIC_{25}	4.5	55

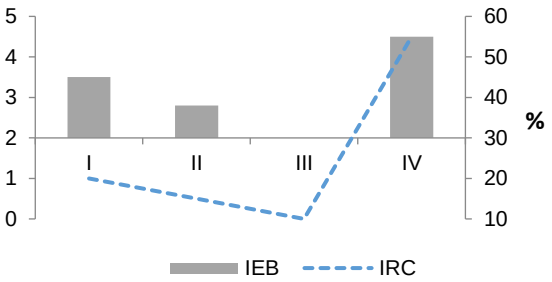


Figura 1. Relación entre el IEB y IRC por tipo de granja representativa en la ribera del lago de Cuitzeo, Michoacán.

En general todos los tipos de granjas son eficientes, aunque las de CC son las que están cerca del límite de eficiencia con base a este índice. También es de notar, que la escala de producción de cerdos se manifiesta en una pérdida de eficiencia entre ente tipo de granjas; lo cual, está relacionada con la tecnología de alimentación utilizada. Manifiesta es la relación positiva entre IRC y IEB que muestra la figura 1, porque a mayor reciclado de cerdaza mayor eficiencia, en este caso la granja IV implementa el EC en la elaboración del alimento para cerdos; además, en ocasiones lo complementan con subproductos de casa. De igual modo, se observa que las granjas que emplean alimento comercial son los que presentan el IRC menor, hasta en un 82% en la III y un 63.6% en la I, con relación a la IV.

Conclusiones

Todas las granjas del SPT son eficientes con base al IEB, pero las que implementaron la alternativa de inclusión del EC en la alimentación son más eficientes. La relación positiva entre los índices calculados, señala el potencial de la tecnología para contribuir a la sustentabilidad de los SPT; igualmente, fortalece la estrategia de ser fuente adicional del ingreso del productor. Se considera que las granjas con menor IRC no aprovechan la oportunidad de ser más eficientes al no implementar la tecnología.

Agradecimiento y fuente financiadora

Los autores agradecen al Proyecto INIFAP SIGI 11185034490

Referencias bibliográficas

1. Cismas, L.M.; Bálan, E.M.; Zeldea, C.G.; Iordan, M.; Cismas, C.M. 2023. Agriculture and the Bioeconomy: A Socioeconomic Analysis of Central and Eastern European Countries. Sustainability, 15, 16082. https://doi.org/10.3390/su152216082
2. Lampert V. N., Barcellos, J. O. J; Kliemann Neto, F. J.; Canellas, L. C.; Dill, M. D and Canozzi, M- E. A. 2012. Development and application of a bioeconomic efficiency cattle production in Rio Grande do Sul, Brazil. R. Bras. Zootec 41(3):775-782. doi: 10.1590/S1516-35982012000300042.
3. Leavy, S.; Allegretti, G.; Presotto, E.; Montoya, M.A.; Talamini, E. 2024. Measuring the Bioeconomy Economically: Exploring the Connections between Concepts, Methods, Data, Indicators and Their Limitations. Sustainability , 16, 8727. https://doi.org/10.3390/su16208727
4. Marques, P. R.; Peripolli, V.; Lampert, V. N.; Dias, E. A.; Pereira, G. R.; Oliveira, T. E.; Rocha, M. K. and Barcellos, J. O. J. 2017. A proposal for the evaluation of the bioeconomic efficiency of beef cattle production systems. Revista Brasileira de Zootecnia 46(1):65-71.
5. VOICILÁ D. N., STERIE C. M., RODINO S. 2024. STUDY ON THE POSITION OF AGRICULTURE AMONG THE BIOECONOMY SECTORS IN THE EUROPEAN UNION. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development 24(3): 969-976, https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.24_3/Art103.pdf

EFECTOS DE LOS PLAGUICIDAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN APICOLA DE CAMPECHE, MÉXICO.

Carmen Guzmán-Gallegos[1]; Verónica Rosales-Martínez[1-2*], Carolina Flota-Bañuelos[1-2]; Silvia Fraire-Cordero[1-2,] Mónica Leticia Osnaya-González[1]

[1]Postgrado BIOSAT-Colegio de Postgraduados Campus Campeche, [2]Investigadores por México SECIHTI.
*Autor para correspondencia: vrosales@colpos.mx

Palabras clave: abejas, agricultura, percepción de productores.

Introducción

Actualmente, México se encuentra entre los 15 países con mayor uso de plaguicidas y es el cuarto de América Latina después de Brasil, Colombia y Argentina. Estos productos se clasifican en varios grupos químicos, incluidos organoclorados, organofosforados, amidas, triazinas, aminas, carbamatos, neonicotinoides y piretroides (Elumalai *et al*., 2025).

El empleo excesivo de plaguicidas ha provocado consecuencias adversas para los organismos no objetivos y el medio ambiente, muchas no visibles de inmediato (Gensch *et al*., 2024). Entre estas se incluyen los daños al ecosistema, la contaminación del agua subterránea, suelo y aire, además de efectos desfavorables a aplicadores, recolectores y consumidores, así como la desaparición de insectos benéficos y especies nativas de la zona como las abejas, las cuales son muy susceptibles al efecto tóxico de los plaguicidas.

En el estado de Campeche el uso del Paraquat además de los plaguicidas organofosforados es muy común en los cultivos de mayor importancia económica, entre éstos el maíz (Ponce-Caballero *et al*., 2022). Esta situación ha repercutido grandemente en la actividad apícola la cual es una de las actividades ganaderas más importantes en la entidad, principalmente en el municipio de Champotón, Hopelchén y Campeche (SADER, 2019). Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo identificar la vulnerabilidad de los productores apícolas ante el actual incremento del uso de plaguicidas en las actividades agrícolas de la región del estado de Campeche.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos municipios del estado de Campeche, México. Champotón que se encuentra entre los paralelos 18°34’ y 19°42’ N y los 89°54’ y 91°12’ O y Hopelchén ubicado en 18°52’ y 20°13’ N y 89°08’ y 90°06’ O. La actividad apícola es una de las actividades económicas más importante en estas regiones.

Colecta de información

La recolección de los datos proporcionados por los productores apícolas fue mediante metodología cualitativa a través de historias de vida, por lo cual se aplicaron entrevistas mediante un cuestionario semiestructurado a 21 productores de mayor edad y experiencia en la actividad. Los análisis se realizaron con estadística descriptiva.

Resultados y discusión

Situación agrícola y uso de agroquímicos

De manera simultánea los productores apícolas de Hopelchén realizan actividades agrícolas en las que destacan el cultivo de maíz (17 %), caña de azúcar (17 %), palma africana (3 %), calabaza chihua (19 %), mango (5 %), chile verde (14 %), sandia (8 %), cítricos (3 %), papaya (6 %) y tomate rojo (8 %). Más de la mitad de los productores mencionó usar productos químicos en sus siembras e implementarlas cerca a sus apiarios especialmente en las plantaciones de calabaza chihua.

La permanencia de la actividad cañera ante la existencia en el estado del ingenio azucarero “La Joya” es uno de los factores que ocasionan el uso de gran cantidad de productos químicos, dados los requerimientos de esta especie perenne. Entre los productos más utilizados por los productores en este cultivo y en los mencionados anteriormente, destacan el bicofol, diuron, glifosato y endosulfán. El 71 % de los productores no tiene conocimiento acerca de los problemas que ocasiona el uso de éstos y otros productos químicos al ambiente, mientras que el 29 % a pesar de tener alguna idea al respecto no realizan prácticas para disminuir dicho efecto.

Aplicación de plaguicidas en los cultivos

De los productores apícolas encuestados en este estudio el 30 % afirmó no usar algún producto químico en sus actividades agrícolas, mientras que el 70 % mencionó utilizar productos químicos de manera intensiva, como estrategia de mitigación ante el incremento de plagas en sus cultivos. Al respecto, Elumalai *et al.* (2025) afirman que, en las últimas dos décadas ante el difícil control y resistencia de las plagas durante los cultivos, ha existido una gran dependencia de los agroquímicos sintéticos, como los pesticidas, insecticidas, herbicidas y fungicidas al grado de ser casi una necesidad en la agricultura moderna. Por su parte, Souza *et al*. (2023), también señalan a los plaguicidas como un factor esencial en la viabilidad de la productividad agrícola en el mundo.

Repercusiones en el sector apícola por el uso de plaguicidas

Los residuos de plaguicidas se encuentran comúnmente en el aire, el suelo y el agua, afectando a los organismos vivos, entre ellos las abejas melíferas cuyos daños pueden verse reflejados en el material genómico y alterar su crecimiento, comportamiento y reproducción. En este estudio el principal problema percibido en los últimos años ha sido la pérdida de población ante la disminución de colonias. La afectación mayormente observada en sus abejas es la pérdida de movilidad para volar, quedándose en el suelo para posteriormente morir (Figura 1).



Figura 1. Al lado izquierdo, abejas de un productor del municipio de Hopelchén. Al lado derecho, abeja sin movilidad para volar.

Por su parte, los productores de la comunidad de Sihochac mencionaron que en sus apiarios las afectaciones más comunes son el poco crecimiento del número de colmenas, la disminución en las reservas de polen y miel, así como la desorientación en el vuelo de regreso a la colmena. Esta situación puede relacionarse a lo reportado por la SEMARNAT, quien señala que en el año 2023 se afectaron 3 mil 365 colmenas en el estado de Campeche con lo cual se perdieron 13 mil 200 días de empleo rural y se tuvieron pérdidas económicas por 12 millones 990 mil 418 pesos. El 20 % de los apicultores mencionó estar consciente de esta situación, aunque reflejan su preocupación para contrarrestar este efecto debido a que la producción cañera también representa una importante fuente de ingresos para su economía.

Además, de acuerdo con lo mencionado por los productores, la presencia y constante incremento de cultivos transgénicos en la región es para ellos otra de las principales problemáticas que afectan su actividad apícola, reflejada en la calidad de la jalea real, miel y cera, que son los principales productos obtenidos en sus sistemas productivos.

Efectos en la salud humana por la exposición a plaguicidas

De acuerdo con lo mencionado por los productores, generalmente al momento de ir a sus sistemas agrícolas suelen llevar alimentos y bebidas para su comida durante las jornadas de trabajo por lo que se ven expuestos al contacto con los plaguicidas utilizados en sus sistemas además del momento de aplicación. Por consecuente, algunos afirmaron haber sufrido alergias, náuseas y mareos en más de una ocasión.

Desde la perspectiva de los productores encuestados en este estudio, el uso de glifosato en sus cultivos de caña de azúcar y maíz ha sido el principal causante de las afectaciones de salud debido a su actual prohibición.

Apoyos para el sistema de producción apícola

Actualmente los apicultores de las comunidades de los dos municipios en los que se realizaron las entrevistas reciben un apoyo anual en especie por parte de SAGARPA para el cuidado y producción de miel. Dicho apoyo consiste en la entrega de $140.00 por colmena. De la misma manera cuentan con la

implementación de un centro de acopio para la venta de su miel, apoyo que es brindado por parte de la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER). Esta dependencia ha impartido talleres en beneficio de la producción apícola, pero es necesario que centros de investigación, instituciones educativas, secretarías de gobierno y asociaciones civiles doten de herramientas al apicultor rural para darle realce a la producción de miel.

Entre las acciones implementadas por las secretarías se pueden mencionar el establecimiento de módulos demostrativos de apicultura con el objetivo de capacitar a los productores para realizar buenas prácticas apícolas, así como promover la producción de abejas meliponas, cursos de capacitación, intercambios de experiencias, además de promover las cadenas de valor así como incorporar a productores privados para adoptar prácticas de producción sustentable e integrar a mujeres y personas sin acceso a tierra para aumentar los ingresos económicos mediante la producción en traspatios y viveros.

Conclusiones

La actividad apícola de los municipios de Champotón y Hopelchén, Campeche se encuentran en un estado de vulnerabilidad social a consecuencia del desconocimiento de los daños ocasionados por el uso intensivo de plaguicidas que demanda la actividad agrícola que realizan de manera simultánea. Esta situación se relacionada a la edad avanzada de los productores y las bajas oportunidades de acceso y comprensión de la información al respecto. Desafortunadamente en los últimos años las afectaciones directas en los organismos polinizadores se han manifestado de manera drástica a través de retrasos en el crecimiento, comportamiento y productividad como resultado de la cercanía a los cultivos de maíz y en mayor medida caña de azúcar. Asimismo, la extensión de áreas destinadas a cultivos agroindustriales como la soya transgénica en zonas vecinas que genera consigo un mayor uso de productos químicos representa un factor de riesgo para la calidad de los productos apícolas principalmente la miel y por ende la economía de todos los productores, sin descartar su salud y la de la población en general por la toxicidad de los plaguicidas.

Es necesaria la intensificación de apoyos, capacitaciones y talleres demostrativos para los productores por parte del gobierno del estado acerca de la implementación de prácticas agrícolas sustentables que coadyuven a la reducción del uso de algunos productos químicos y la concientización de la importancia de esta acción en la actividad apícola.

Agradecimientos

Al proyecto Investigadores por México SECIHTI 7108 “Rescate de saberes agrícolas en los agroecosistemas para el diseño de estrategias sostenibles y contribuir a la soberanía alimentaria en campeche” y al Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

Referencias bibliográficas

1. Elumalai, P., Gao, X., Parthipan, P., Luo, J., & Cui, J. (2025). Agrochemical pollution: A serious threat to environmental health. *Agrochemicals pollution*, 43, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2025.100597
2. Gensch, L., Jantke ,K., Rasche, K., & Schneide, U. (2024). Pesticide risk assessment in European agriculture: Distribution patterns, ban-substitution effects and regulatory implications. *Environmental Pollution,*348, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123836. Ponce-
3. Caballero, C., Cardeña-Echalaz, F., Giácoman-Vallejos,G., Vega de Lille, M., & Góngora-Echeverría, R. (2022). Pesticide management and farmers perception of environmental and health issues due to pesticide use in the state of Yucatán, Mexico: a study case. *Revista internacional de contaminación ambiental, 38,* 289-300. https://doi.org/10.20937/RICA.54134
4. SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2019). Deliciosa miel, manjar de Campeche | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx
5. Souza, M. C. O., Cruz, J. C., Cesila, C. A., Gonzalez, N., Rocha, B. A., Adeyemi, J. A., Nadal, M., Domingo, J. L., & Barbosa, F. (2023). Recent trends in pesticides in crops: A critical review of the duality of risks-benefits and the Brazilian legislation issue. *Environmental research*, *228*, 115811. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115811

ACEPTABILIDAD DE UN HELADO CASERO ELABORADO CON LECHE DE CABRA VS HELADO COMERCIAL EN SAN PEDRO, COAHUILA.

Francisco Javier Pastor-López[1]*, Luis Maconetzin Isidro-Requejo[1], Juan Luis Ríos-Plaza[2], Mayra Cantos-Cruz[3], Josueth Alonso Meza-Cisneros[3].

[1]Campo Experimental La Laguna, INIFAP, Matamoros, Coahuila; [2]Universidad Politécnica de la Región Laguna, San Pedro de las Colonias, Coahuila, [3]Instituto Superior Tecnológico Quinindé, Ecuador.

*Autor para correspondencia: pastor.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave. caprinocultura, lácteos, preferencia.

Introducción

El helado ha formado parte tanto de las culturas orientales como occidentales y es el postre favorito de muchas personas a nivel mundial (Rodríguez et al., 2019). Según Villano et al. (2024), este producto goza de una alta aceptación entre personas de todas las edades y géneros. En México, el consumo de helado ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años. De acuerdo con un estudio reciente de Nielsen Discover, el consumo promedio anual de helado en la población mexicana es de 2.4 litros por persona; no obstante, esta cifra es considerablemente baja en comparación con la de Nueva Zelanda, el mayor consumidor mundial, donde se alcanzan los 26.3 litros por persona al año (Rodríguez et al., 2019).
Tradicionalmente, el helado se elabora principalmente con leche de vaca, aunque también puede producirse a partir de leche de otras especies, como la cabra (McGhee et al., 2015). La leche de cabra es un alimento completo, rico en proteínas, vitaminas, minerales y pequeñas moléculas de grasa, lo que la hace altamente digestiva en comparación con la leche de otras especies animales. Estas cualidades nutricionales han impulsado el crecimiento del mercado de productos lácteos de cabra (Benevides et al., 2021). Además de su valor nutricional, la leche de cabra y sus derivados presentan beneficios prometedores para la salud.
Recordemos que para muchos consumidores es importante el consumo de alimentos con bajo contenido de grasas y azucares por su relación con enfermedades crónica como las enfermedades coronarias, diabetes y otros problemas de salud. Es por eso que el consumo de productos lácteos bajos en grasa o reducidos en grasa ha ganado popularidad entre los consumidores preocupados por la salud en los últimos años (McGhee et al., 2015).
En le mercado de helado de México, muchos productos ofertados en comercios de autoservicio deben de presentar sellos de la secretaria de salud por el exceso de grasa y azucares, ante esta situación un producto casero con una fórmula de ingredientes frescos (principalmente leche) , sin adición de grasa vegetal puede ser una alternativa saludable.
Sin embargo, en la literatura consultada no se reporta estudios científicos sobre la elaboración de helado a partir de leche de cabra en México; es por ello, que el objetivo del presente estudio fue evaluar las características sensoriales y la aceptabilidad de un helado casero elaborado con leche de cabra, con la finalidad de incentivar el consumo de productos lácteos provenientes de esta especie.

Materiales y métodos

La elaboración del helado se llevó a cabo en la ciudad de Matamoros, Coahuila, durante noviembre de 2024, en una quesería comercial colaboradora que proporcionó 3 litros de leche de cabra fresca, obtenida el mismo día. Al recibir la leche, se procedió a filtrarla y pasteurizarla. Posteriormente, se incorporaron los ingredientes a la leche pasteurizada: 270 g de chocolate en tablillas, 40 g de cacao en polvo y 100 g de leche condensada. La mezcla resultante se colocó en una máquina para helados casera marca Oster® para su elaboración.
Una vez finalizado el proceso, el helado se envasó en recipientes limpios de 500 g y se almacenó en congelación hasta su uso en la evaluación sensorial. Para la comparación, se adquirieron dos helados comerciales sabor chocolate, uno comprado en un supermercado y otro en un negocio local (nevería).
La degustación fue realizada por un panel no entrenado compuesto por 50 personas, de ambos sexos y diferentes edades, todos consumidores habituales de helado y dispuestos a participar. La prueba se llevó a cabo en una sala con condiciones controladas de iluminación y temperatura en la Universidad Politécnica de la Región Laguna, equipada con mesas y sillas, sin divisiones.

Los helados fueron codificados y presentados en el siguiente orden: Helado A (supermercado), Helado B (negocio local) y Helado C (máquina casera). Lose helado en su envase estuvieron fuera de la vista de los panelistas, a quienes se les llevo hasta su lugar una porción aproximada de 20 g (una cucharada) para su evaluación. Además, se proporcionó un vaso con agua a cada participante para enjuagar su boca entre muestras y así neutralizar el sabor.

Antes de iniciar, se brindó una breve explicación sobre el procedimiento de evaluación y se entregó a cada participante una hoja con el formato de evaluación, que incluía las variables color, sabor, olor y apariencia general, evaluadas mediante una escala hedónica de 5 puntos, donde 1 significa me disgusta mucho hasta cinco, que significa me gusta mucho. Al final del formato, se incluyó una pregunta abierta: "¿Cuál helado le gustó más?"

El análisis estadístico de los datos obtenidos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el software SAS versión 9.3.

Resultados y discusión

Los resultados se presentan en el Cuadro 1, donde se evidencia que los panelistas percibieron diferencias significativas entre los helados evaluados. En cuanto al color, los helados A y B fueron preferidos sobre el helado C, el cual no contenía ningún colorante, lo que marcó una diferencia notable frente a los productos comerciales. Respecto a la apariencia, el helado A fue el más valorado, seguido por el B y, en último lugar, el helado C.

En la evaluación del olor, el helado A volvió a ser el preferido, superando a los otros dos. En cuanto a la textura, los panelistas favorecieron los helados A y B sobre el C, destacando que este último presentaba cristales de hielo, lo cual generó una percepción desagradable, tal como se reflejó en los comentarios finales del formulario. En este sentido, McGhee et al. (2015) señalan que una textura indeseable afecta negativamente la aceptación del helado.

Cuadro 1. Medias estadísticas de los componentes evaluados sensorialmente en 3 muestras de helado.

	Color	Apariencia	Olor	Textura	Sabor
Helado A	3.9375^{a}	3.9375^{a}	3.9167^{a}	3.9583^{a}	4.3958^{a}
Helado B	3.9792^{a}	3.4375^{b}	3.3958^{b}	3.5833^{a}	3.8333^{b}
Helado C	3.2500^{b}	2.8958^{c}	3.4375^{b}	2.9792^{b}	3.0417^{c}

a,b,c Literales diferentes dentro de columnas indican significancia estadística ($p>0.05$).

Finalmente, en la evaluación del sabor, el helado A obtuvo la mayor puntuación promedio (4.3958), seguido por el B y, en último lugar, el C. En las cinco propiedades organolépticas evaluadas, el helado A (producto comercial) predominó, lo cual puede atribuirse al respaldo tecnológico y profesional con que cuenta esta marca internacional para el diseño de sus productos.

Cabe destacar que la fórmula del helado casero (helado C) no contenía grasa vegetal, un factor que, según Villano et al. (2024), influye en la sensación en boca y en las propiedades de textura de muchos alimentos, incluidos los helados, debido a la interacción entre grasas saturadas y proteínas. Aunque no se realizó un análisis bromatológico, el empaque del helado A mostraba sellos de advertencia de la Secretaría de Salud por exceso de azúcares y grasas saturadas. McGhee et al. (2015) indican que los helados bajos en grasa suelen tener menor sabor y calidad de textura, lo que probablemente contribuyó a la menor aceptación del helado C.

En cuanto a los comentarios de los panelistas sobre su helado favorito, la mayoría destacó a la Nieve A por su sabor más rico y natural, su textura cremosa y suave, así como por su buena apariencia y aroma.

Conclusiones

Los resultados de la evaluación sensorial, muestran que es el helado casero se debe volver a diseñar la formula usada, esto con el fin de acercarse a la preferencia obtenidas por el helado A. Además de que este trabajo puede iniciar una línea de investigación del área de tecnología de alimentos, con el objetivo que los consumidores acepten este tipo de helado y de esa forma beneficiar a los caprinocultores en regiones como la Laguna y el Bajío.

Agradecimientos

Agradecemos a todos los panelistas: alumnos, profesores y personal de apoyo de la Universidad Politécnica de la Región Laguna en San Pedro, Coahuila.

Fuente financiadora

Apoyo fiscal del INIFAP de la tecnología Generada: Elaboración de nieve artesanal en garrafa con leche de cabra para aumentar la rentabilidad del sistema de producción. 3-0.8-841317341-M-E.1-1

Referencias bibliográficas

1. Benevides, S. D., dos Santos Garruti, D., Laguna, L. E., do Egito, A. S., dos Santos, K. M. O., Deliza, R., & do Egypto, R. D. C. R. (2021). Características sensoriais e aceitação de queijos caprinos como incentivo ao consumo de derivados de leite de cabra no Brasil. Cadernos de Ciência & Tecnologia, 38(2), 26818. https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2021.v38.26818
2. Hammam, A.R.A., Salman, S.M., Elfaruk, M.S. & Alsaleem, K.A. (2022). Goat Milk: Compositional, Technological, Nutritional and Therapeutic Aspects: A Review. Asian Journal of Dairy and Food Research. 41(4): 367-376. DOI: 10.18805/ajdfr.DRF-261
3. McGhee, C. E., Jones, J. O., & Park, Y. W. (2015). Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream. Small Ruminant Research, 123(2-3), 293-300. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.12.002
4. Pérez, J. J. V., Ramírez, M. A. M., Morel, S. P., & Casavilca, V. H. S. (2025). Helado Artesanal Fortificado con Proteínas de Larvas de Mosca Soldado (Hermetia illucens): Evaluaciones Sensoriales y Nutricionales. Micaela Revista de Investigación-UNAMBA, 6(1), 60-65. https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n1.2025.177
5. Rodríguez-Ordóñez, J. E., Mejía-Giraldo, L. F., & Serna-Cock, L. (2019). Evaluación calórica y sensorial de una mezcla para helado formulado con inulina como sustituto parcial de grasa. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 22(2). https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1294

ANÁLISIS DE PRÁCTICAS TECNOLÓGICAS EN RANCHOS GANADEROS EN EL MUNICIPIO DE MADERA, CHIHUAHUA.

Sergio Román-Ponce[1]*, Francisco Alvídrez-Hinojos[2], José Maria Carrera-Chávez[2], Edith Rojas-Anaya[1], GAC-CMD[1]**

[1]Campo Experimental La Campana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, [2]Instituto de Ciencias Biomédicas. Departamento de Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*Autor para correspondencia: roman.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: ganadería bovina, adopción tecnológica, transferencia de tecnología.

Introducción

La ganadería bovina en Chihuahua se caracteriza principalmente por el sistema vaca-cría, dirigido a la producción de becerros al destete para su posterior engorda y exportación, especialmente hacia Estados Unidos. Este esquema productivo exige extensas superficies (más de 20 ha por unidad animal) y enfrenta condiciones de baja precipitación, lo que pone de manifiesto la necesidad de optimizar el uso de recursos forrajeros y de implementar prácticas de manejo que garanticen la viabilidad económica y ambiental de los ranchos.

Paralelamente, el sector minero-metalúrgico —que aporta alrededor del 2 % al PIB nacional y posiciona a Chihuahua entre los principales estados productores— ha ampliado sus programas de responsabilidad social para incluir iniciativas de desarrollo rural. La Compañía Minera Dolores (CMD) S.A. de C.V. integró en su plan de cierre social un componente de fortalecimiento de la ganadería bovina, mediante la aplicación del modelo GGAVATT (Grupo Ganadero de Validación y Transferencia de Tecnología). Este enfoque busca acelerar la transferencia, adopción y validación de tecnologías innovadoras diseñadas para mejorar la productividad, rentabilidad y sostenibilidad del sistema de producción vaca-cría.

A pesar de su relevancia económica y de la voluntad de los productores, el nivel de incorporación tecnológica en los ranchos de la región sigue siendo limitado. Problemas como deficiencias en la alimentación, manejo sanitario inoportuno, sobrepastoreo, ausencia de esquemas de mejoramiento genético y falta de asesoría técnica impiden maximizar el potencial productivo y comprometen la condición del agostadero. La aplicación del modelo GGAVATT, con agentes de cambio especializados, ofrece una ruta para superar estas barreras mediante el procesamiento del diagnóstico estático y diagnósticos dinámicos que permitan ajustar las estrategias de implementación según las particularidades de cada rancho.

El objetivo de este trabajo fue analizar las prácticas tecnológicas en ranchos ganaderos integrantes de cinco GGAVATT ubicados en el Ejido Huizopa, municipio de Madera, Chihuahua, México.

Materiales y métodos

Se aplicó el instrumento del diagnóstico estático a 38 productores integrantes de cinco GGAVATT: San Agustín, Rancho Mora, Peñita, El Árbol y Productores Ganaderos Cinco Nombres, todos ubicados en el Ejido Huizopa, del municipio de Madera, Chihuahua, México, cuyo sistema de producción predominante es el denominado vaca-cría. Este instrumento consta de 132 preguntas dividido en las siguientes secciones: socio-cultural, socio-económico, socio-ecológico, de producción vegetal, gestión del rancho y producción animal.

Después de un año de trabajo, se llevó a cabo un diagnóstico dinámico, en el cual se entrevistó a los cinco técnicos especializados asignados a cada uno de los GGAVATT. Este diagnóstico tuvo como objetivo analizar el grado de adopción de tecnologías con el fin de incrementar la productividad y sustentabilidad de los ranchos ganaderos integrantes de los GGAVATT.

Toda la información fue capturada en una base de datos utilizando el programa Excel (Microsoft Office). Para el análisis del promedio de uso de tecnología se obtuvieron las medias aritméticas simples o promedios ponderados. Finalmente, se procedió a consultar los resultados del número de unidades de producción con cría y explotación de bovinos, según porcentaje de tipo de tecnología-Censo Nacional Agropecuario del INEGI (INEGI-CNA, 2022).

Resultados y discusión

Adopción global de tecnologías. El diagnóstico dinámico revela que, en promedio simple, los cinco GGAVATT obtuvieron un 69.23 % de adopción de prácticas tecnológicas; al ponderar según importancia de cada indicador, el promedio general del proyecto fue de 68.24 % (Cuadro 1). Entre los grupos, Rancho Mora (54.40 % simple; 50.78 % ponderado) y San Agustín (54.22 % simple; 51.91 % ponderado) encabezaron la adopción, mientras que El Árbol mostró el menor avance (51.00 % simple; 43.61 % ponderado). Estas cifras superan con creces los promedios estatales y municipales reportados por el Censo Nacional Agropecuario 2022 para tecnologías de manejo integral, lo que evidencia el impacto positivo del modelo GGAVATT y el rol crítico de los agentes de cambio en impulsar la transferencia efectiva y sostenida de innovaciones.

Manejo sanitario. La vacunación y aplicación de bacterinas, pieza clave para reducir pérdidas económicas, alcanzó un 94.70 % de percepción de cumplimiento en el diagnóstico estático, aunque los técnicos señalan deficiencias en la calendarización y cobertura (“óptimo” bajo). En el diagnóstico dinámico los valores para el ejido (91.18 %) y municipio (92.80 %) se aproximan al 93.16 % estatal, ratificando un alto nivel de adopción, pero apuntando a la necesidad de estandarizar protocolos y registros sanitarios. Por su parte, la desparasitación externa, que en 2022 oscilaba entre 85.16 % (municipio) y 88.51 % (estado), mostró un notable incremento en campo, con 94.18 % de ejecución real documentada por los agentes de cambio, reflejo de capacitaciones focalizadas en manejo de parásitos y uso de anthelmínticos de amplio espectro.

Manejo reproductivo. La planificación del empadre mediante empadre controlado se mantiene como un punto crítico: solo el 7.18 % de los GGAVATT lo aplica de manera sistematizada, muy por debajo del 27.04 % estatal y del 18.50 % estimado en diagnóstico estático. La baja adopción de esta práctica compromete la eficiencia reproductiva y prolonga intervalos entre partos, incidiendo directamente en la productividad anual de becerros. La brecha pone de relieve la urgencia de fortalecer esquemas de manejo reproductivo con apoyo de herramientas como la ultrasonografía y protocolos de inseminación artificial o sincronización hormonal adaptados a las condiciones locales.

Manejo del agostadero. La rotación de potreros —fundamental para evitar sobrepastoreo y degradación de suelos— fue implementada por apenas el 10.50 % de los productores, muy por debajo del 63.52 % estatal y 74.49 % municipal. Ningún rancho ha establecido coeficientes o capacidades de carga basados en producción forrajera; esta omisión compromete la biodiversidad, reduce la cobertura vegetal y aumenta la vulnerabilidad ante sequías. Aunque los técnicos incorporaron estas recomendaciones al plan de trabajo, la resistencia al cambio cultural en el manejo del pastizal y la falta de instrumentos de monitoreo limitan por ahora la adopción generalizada de esta tecnología.

Manejo de la alimentación. El énfasis en suplementación energética y proteica muestra el logro más destacado: el 100 % de los GGAVATT integraron bloques multinutricionales tras la capacitación de técnicos, contrastando con el 43.50 % estatal y 48.99 % municipal. Este avance responde directamente a demostraciones de campo y recetas adaptadas a recursos locales, permitiendo mejorar la ganancia de peso y mejorar condición corporal. Sin embargo, la provisión de minerales a libre acceso sigue rezagada con solo el 50.00 % de ejecución, frente a 84.37 % estatal y 97.35 % municipal, indicando que persisten barreras en la adquisición y formulación de mezclas minerales balanceadas.

Interpretación de logros y desafíos. Los resultados demuestran que el modelo GGAVATT, sustentado en agentes de cambio locales, logra impulsar la adopción de tecnologías pecuarias de alta prioridad —salud y alimentación— hasta niveles superiores al promedio regional. El contraste entre diagnóstico estático (basado en percepción) y dinámico (verificación técnica) refuerza la importancia de un acompañamiento continuo y la validación de resultados en campo. No obstante, prácticas de manejo reproductivo y agostadero requieren de estrategias más específicas: la baja adopción de empadre controlado y rotación de potreros sugiere que las tecnologías asociadas a la planificación reproductiva y al manejo de recursos forrajeros demandan un refuerzo en formación técnica, demostraciones sostenidas y esquemas de incentivos que estimulen la transición hacia un manejo más sostenible.

En conjunto, el progreso homogéneo en aspectos sanitarios y de alimentación —alcanzando tasas de adopción cercanas al 95 %— avala la efectividad de las metodologías participativas y los diagnósticos contrastados, mientras que las brechas identificadas abren oportunidades para optimizar el modelo GGAVATT. La heterogeneidad en adopción entre GGAVATT subraya la necesidad de planes de trabajo adaptados a condiciones locales y de un monitoreo de desempeño que permita ajustar prioridades y recursos conforme evoluciona el proceso de transferencia tecnológica.

Conclusiones

La implementación del modelo GGAVATT en Huizopa ha logrado avances sobresalientes en sanidad y nutrición bovina, con tasas de adopción cercanas al 95 %. No obstante, persisten brechas en reproducción planificada y manejo de agostaderos. Para consolidar un desarrollo ganadero sostenible es vital reforzar las estrategias de formación técnica, la demostración en campo y el monitoreo adaptativo de indicadores reproductivos y forrajeros.

Cuadro 1. Promedio simple y ponderado para el uso de tecnología obtenidos mediante un diagnóstico dinámico en los cinco GGAVATT en el Ejido Huizopa, Madera, Chihuahua.

	Nombre del GGAVATT					
Promedio	**Proyecto**	**San Agustín**	**Rancho Mora**	**Peñita**	**El Árbol**	**Cinco Nombres**
Simple (%)	54.22	54.40	45.14	51.00	50.40	69.23
Ponderado (%)	51.91	50.78	48.46	43.61	48.44	68.24

Agradecimientos

A los productores integrantes de los GGAVATT, y al grupo de agentes de campo en la Compañía Minera Dolores (**GAC-CMD****) integrado por IZSP José Manuel Álvarez Fernández, IZSP Abigail Domínguez Contreras, IZSP Francisco Antonio Moreno Pérez, MVZ Miguel Ángel Ruvalcaba Covarrubias, MVZ Julio Cesar Ruiz Lopez, IZSP Lucia Elizabeth Meraz Martínez.

Fuente financiadora

PROYECTO DE VALIDACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN GANADERIA EN EL EJIDO HUIZOPA DEL MUNICIPIO DE MADERA, CHIHUAHUA – 2025. Financiado por la Compañía Minera Dolores, A.C. Filian de Pan American Silver Corp.

Referencias bibliográficas

1. Callejas-Juárez, N., Aranda-Gutiérrez, N., Rebollar-Rebollar, S., De la Fuente-Martínez, M., 2014. Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México. Agronomía Mesoamericana. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/14213/13512
2. INEGI, 2021, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2021. Minería. https://www.inegi.org.mx/temas/mineria/
3. INEGI, 2023, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023. Producto Interno Bruto por entidad federativa (PIBE). https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/PIBEF/PIBEF2022.pdf.
4. INEGI-Censo Nacional Agropecuario. https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/
5. Román-Ponce Sergio, GAC-CMD, Francisco Alvídrez-Hinojos, Bernardino Espinoza-Velasco, Elizabeth Perez-Ruiz, Pedro Jurado-Guerra, José Luis García-Perez. 2024. Diagnóstico estático de ranchos ganaderos del ejido Huizopa en el municipio de Madera, Chihuahua. Memoria del VI Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Ambiental, Pesquero, Acuícola y del Mar, 2024. 2024-07-VET. Pp 43-50.

CARACTERIZACIÓN ESTATAL DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE EN MÉXICO AL 2023.

Erick Li Francisco Fong-Baeza[1], Daniel Alonso Domínguez-Olvera[1]*, Maria Angelica Ortiz-Heredia[2], Noé Orlando Juárez-López[1], Nathaniel Alec Rogers-Montoya[1], José Guadalupe Herrera Haro[2].

[1]FMVZ-UNAM; [2]PRGP-GAN-ColPos.

*Autor para correspondencia: iazdalonso@gmail.com

Palabras clave: análisis de componentes principales, análisis clúster, SIACON.

Introducción

La producción de carne es un sector clave en la economía y la seguridad alimentaria de México (FAO, 2020). Con una gran diversidad de especies y sistemas de producción, por ello, es fundamental entender las características y patrones de producción a nivel estatal (SAGARPA, 2022). En este sentido, el análisis multivariado ha demostrado ser una herramienta útil para identificar patrones y relaciones en la producción de carne (Hair et al., 2019). En este estudio, se utilizó un enfoque multivariado para caracterizar la producción de carne en México en el 2023, con el uso de análisis de componentes principales y clúster, se identificaron los patrones y grupos que describen la variación en la producción de carne en los distintos estados de México.

Materiales y métodos

Se obtuvo la información estatal del nivel de producción anual de carne, en toneladas, de las principales especies pecuarias de México en el 2023; dicha información se obtuvo del Módulo Estatal Pecuario del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON 2.0), descargado e instalado el 2 de abril del 2025, del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero. Las variables estatales de la producción anual fueron: carne ave (CA), carne de guajolote (CG), carne de bovino (CB), carne de caprino (CC), carne de ovino (CO) y carne de porcino (CP). Para realizar la caracterización de los estados por su producción de carne, inicialmente se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) para agrupar las variables, el método de selección de componentes se estableció con el autovalor mayor a 1.0, mientras que la asignación de variables a los componentes, se asignó al mayor autovector en cada componente. Para agrupar a los estados por similitud, se realizó el análisis clúster (AC) con el método de varianza mínima de Ward, que se basa en la distancia entre grupos, dicha distancia se fijó en el 28 % de la distancia total, con base en la evaluación del dendrograma. Una vez determinados las agrupaciones, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) considerando la agrupación como efecto fijo y se realizó una comparación con la prueba de Tukey-Kramer para muestras de tamaño diferente y con un alfa del 0.05, para determinar las diferencias significativas en las variables estudiadas. Todos los análisis se hicieron con el software SAS OnDemand for Academics (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA, Licencia u63361883); PROC PRINCOMP para componentes principales; PROC CLUSTER, para análisis de conglomerados; y PROC GLM, para ANOVA y prueba Tukey-Kramer.

Resultados y discusión

Componentes de caracterización. En el Cuadro 1, se muestra la composición de los componentes principales (CP), muestra el autovalor de los componentes, la varianza que explica cada uno y las distintas variables que lo constituyen con su correlación. Únicamente tres CP tuvieron un autovalor mayor al 1.0, estos explican el 77.25% de la variabilidad de los datos, un valor considerado bueno para un análisis que considerará únicamente tres CP (Domínguez et al., 2019). El Componente 1, explica el 40.04% de la varianza total, con la mayor correlación con la carne de ave, carne de bovino y carne de porcino, que son las tres principales carnes producidas en México, con producciones de 3´888,208, 2´214,928 y 1´768,525 toneladas, respectivamente. El Componente 2, que explica 18.77% de la varianza, únicamente mostró correlación con la carne de ovino, el cuarto producto cárnico más producido en el país, con una producción de 68,451 toneladas. Mientras que el Componente 3, que explica el 18.44% de la varianza, mostró las mayores correlaciones con la carne de guajolote y carne de caprino, coincidiendo las carnes menos producidas, con 41,034 y 18,755 toneladas, respectivamente.

Agrupación. El resultado de la agrupación por el análisis cluster, determinó una que la distancia de Ward total de todos los estados fue de 0.28, la similitud en la agrupación jerárquica tuvo un valor de 0.07, resultando en cinco grupos, Figura 1.

Cuadro 1. Composición de los componentes principales.

Componente	Autovalor	Varianza, %	Varianza acumulada, %	Variables	Correlación de la variable con el componente
1	2.40	40.04	40.04	Carne de ave	0.51
				Carne de bovino	0.52
				Carne de Porcino	0.50
2	1.12	18.77	58.81	Carne de ovino	0.50
3	1.10	18.44	77.25	Carne de guajolote	-0.62
				Carne de caprino	0.74

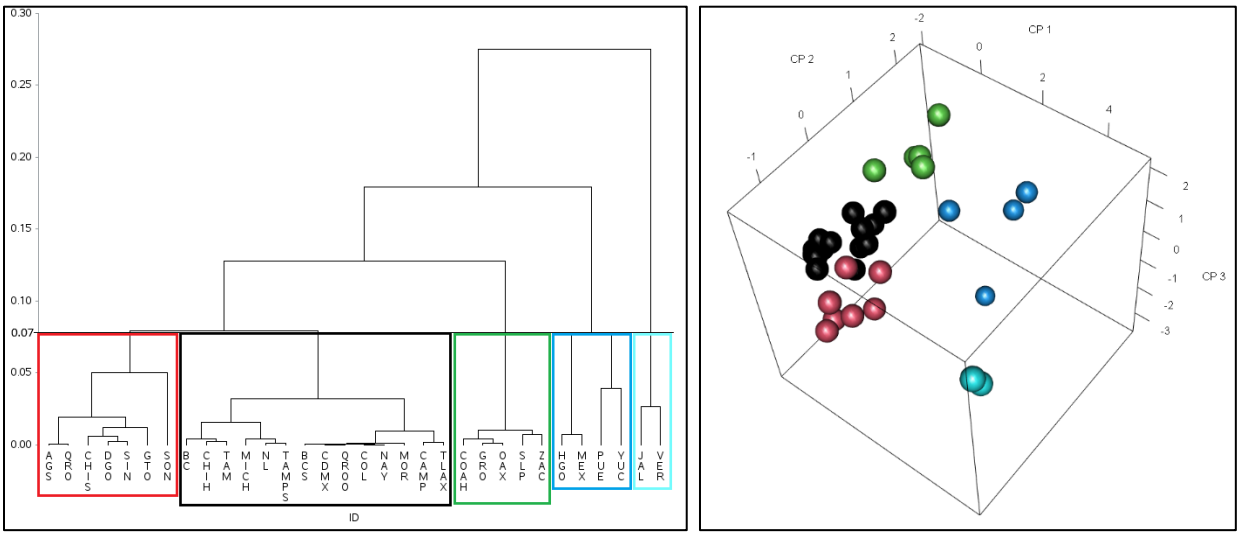


Figura 1. Izquierda. Dendrograma de las agrupaciones resultantes. Derecha. Distribución de los estados en los distintos componentes principales (CP), colores iguales son estados que conforman al mismo grupo. Rojo, Grupo 1; Negro, Grupo 2; Verde, Grupo 3; Azul, Grupo 4; Celeste, Grupo 5. AGS, Aguascalientes; BC, Baja California; BCS, Baja california Sur; CAMP, Campeche; COAH, Coahuila; COL, Colima; CHIS, Chiapas; CHIH, Chihuahua; CDMX, Ciudad de México; DGO, Durango; GTO, Guanajuato; GRO, Guerrero; HGO, Hidalgo; JAL, Jalisco; MEX, Edo. México; MICH, Michoacán; MOR, Morelia; NAY, Nayarit; NL, Nuevo León; OAX, Oaxaca; PUE, Puebla; QRO, Querétaro; QROO, Quintana Roo; SLP, San Luis Potosí; SIN, Sinaloa; SON, Sonora; TAM, Tampico; TAMPS, Tamaulipas; TLAX, Tlaxcala; VER, Veracruz; YUC, Yucatán; ZAC, Zacatecas.

Descripción de la agrupación. El Grupo I consideró a siete estados, 21.87% de la población, esta agrupación tuvo una producción promedio de carne de ave mediana, y promedio de producción de los otros tipos de carne baja, esto sugiere que estos estados tienen una especialización en la producción de carne de ave. El Grupo II fue el grupo más grande con 14 estados, el 43.75% de la población, estos tuvieron una producción promedio de carne baja en todas las especies estudiadas, podría ser a limitaciones en la producción de carne debido a factores como la disponibilidad de recursos, la infraestructura, la demanda del mercado o al desarrollo de otras industrias. El Grupo III con cinco estados, 15.62%, se diferencia por su nivel de producción promedio de carne de caprino alta, pero de carne de las otras especies baja; estados que tienen especialización en la producción de carne de caprino y pueden tener ventajas comparativas en esta área o un mercado bien definido. El grupo IV con cuatro estados, tuvo una producción promedio de carne de guajolote, ovino y porcino alta, mientras que la producción promedio de carne de ave media baja y carne de bovino y caprino baja; estos estados tienen una diversificación en la producción de carne y pueden tener ventajas comparativas en varias especies debido a un mercado más definido. Por último, el Grupo V con el 6.25% de los estados, tuvo un promedio de producción de carne de ave, bovino, ovino y porcino alta, y producción promedio de carne de guajolote y caprino bajas; estados con una especialización en la producción de carne. Todo lo anterior es respecto a las otras agrupaciones, Cuadro 2. El Grupo V fue

el mayor productor promedio de carne de ave y bovino, diferente (P<0.0001) a los otros grupos, este grupo junto con el Grupo IV, fueron diferentes (P<0.0004) y mayores productores promedio de carne de ovino y porcino. A su vez, la producción promedio de la carne de guajolote fue mayor significativamente (P<0.0001) en el Grupo V. y el mayor productor promedio de carne de caprino fue el Grupo III (P<0.0001), Cuadro 2.

Cuadro 2. Medias de niveles de producción y resultados del análisis de varianza de los distintos tipos de carne por agrupación.

Variable	Grupo					ANOVA	
	I	II	III	IV	V	RMSE	P-valor
Carne de ave	249,768.00^{b}	23,829.00^{c}	46,181.00^{c}	149,271.00^{bc}	489,115.00^{a}	71,475.03	<0.0001
Carne de guajolote	156.67^{b}	242.51^{b}	355.42^{b}	2,767.17^{a}	708.55^{b}	718.71	<0.0001
Carne de bovino	81,322.00^{b}	42,418.00^{b}	69,594.00^{b}	38,636.00^{b}	274,649.00^{a}	36,499.38	<0.0001
Carne de caprino	599.67^{b}	606.03^{b}	4,067.21^{a}	1,306.36^{b}	1,395.49^{b}	895.95	<0.0001
Carne de ovino	1,225.50^{b}	1,040.00^{b}	2,439.86^{b}	5,470.90^{a}	5,614.95^{a}	1,507.46	<0.0001
Carne de porcino	79,675.00^{b}	10,760.00^{b}	18,873.00^{b}	98,052.00^{a}	286,796.00^{a}	70,871.22	0.0003

RMSE: Raíz del Cuadrado Medio del Error. Medias con literales diferentes en hilera significa diferencia significativa, con un α del 0.05, con prueba de Tukey-Kramer. ANOVA: Análisis de Varianza.

Conclusión

Los métodos multivariados utilizados permitieron encontrar patrones para caracterizar y describir la producción estatal de carne en México.

La producción estatal de carne en México se caracteriza por tener una especialización o diversificación de especies. La producción de carne de ave, carne de bovino y carne de porcino fueron las variables determinantes para la composición del primer componente principal y, a su vez, las más importantes en términos de volumen producido. Cinco grupos permiten describir de manera adecuada la variación de la producción de carne en los distintos estados de México. Veracruz y Jalisco son de los productores de carne de ave, bovina y porcina más importantes de México.

Referencias bibliográficas

1. Domínguez Olvera, D.A., Herrera Haro, J.G., Caamal Cauich, I. & Dorantes Jiménez, J. (2019). Evaluación Técnico-Económica de las Explotacciones Siizo Americano en las Regiones Centro y Frailesca de Chiapas. FPS, EFH & LGM (Ed.). La Desigualdad del Ingreso y la Especialización en la Producción. (pp. 9-29). Editorial ASMIIA A.C. Disponible en: https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2019/09/Desigualdad-del-Ingreso.pdf
2. FAO (2020). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo.
3. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). Multivariate data analysis. Cengage Learning.
4. SAGARPA (2022). Anuario Estadístico de la Producción Pecuaria.
5. SAS Institute Inc. (2023). SAS Studio OnDemand for Academics [Software]. Cary, NC, USA.

REDISEÑO DE UN SISTEMA DE CORTE APLICADO EN LA MOLIENDA DE NOPAL PARA OBTENER TAMAÑOS DE PARTÍCULA PARA GENERAR FORRAJE FERMENTADO.

*Marco Antonio Cortés Chamorro[1], Gerardo Loera Alvarado[1], Gabriel, Calzada Lara[1], Francisco Javier Morales Flores[1], Hipólito Ortiz Laurel[2], Héctor Martín Durán García [3], Erich Dietmar Rössel Kipping [1]

[1] Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73. Salinas de Hidalgo. C.P. 78620. San Luis Potosí. México.
[2] Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. México.
[3] Universidad Autónoma de San Luís Potosí, Álvaro Obregón #64, Col. Centro, C.P. 78000. San Luis Potosí, S.L.P. México.

*Autor para correspondencia: cortes.marco@colpos.mx

Palabras clave: rediseño, molienda, herramienta de corte, tamaño de partícula.

Introducción

El cambio climático está aumentando las temperaturas y las sequías son más frecuentes en distintas regiones del mundo (FAO, 2019). Esto exige una demanda de forrajes con alto contenido de proteínas para el ganado a nivel mundial (Consain-Insights, 2025).

El nopal es un recurso forrajero de gran importancia para las regiones secas (Pimienta-Barrios *et al*., 2008), en México, el uso del nopal como forraje se basa en nopal silvestre y residuos de podas de nopal cultivado, es importante como alimento para el ganado, por su eficiencia al convertir agua en biomasa y contenido de energía digestible. sin embargo, el nopal tiene bajo contenido de proteína.

Actualmente existen tecnologías que incrementan el contenido de proteína por medio de la fermentación de la biomasa del nopal (Hernández- Macías *et al*., 2019). La fermentación es un proceso técnico, se ha utilizado en estado sólido o líquido, para la producción de alimentos para humanos, animales, para producir combustibles, y de usos industriales.

(Pandey*, et al.* 2009). Describe que la fermentación debe tener un equilibrio entre los sustratos y los factores críticos para el crecimiento microbiano como: tamaño de partícula, humedad, y la oxigenación. Peng (2024) analizó las propiedades físicas y químicas de sustratos, determinó que el tamaño de partícula afecta la eficiencia de la fermentación en estado sólido, destacando que partículas pequeñas restringen la transferencia de oxígeno debido a que existe mayor densidad y menor porosidad. Mientras que partículas grandes facilitan la difusión de oxígeno, pero limita el crecimiento de microorganismos.

La investigación tiene como objetivo, rediseñar un sistema de corte en un molino agrícola, que permita obtener una mejor uniformidad y tamaño de partícula de la molienda y picado del nopal.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación consistió en hacer un análisis del proceso de la molienda para obtener un tamaño de partícula de nopal de 1 a 3 cm, que se utilizara en la fermentación para el enriquecimiento proteico del nopal destinado para alimentar al ganado. Con base a un al análisis de molinos agrícolas, existe la necesidad de mejorar las condiciones técnicas al sistema de corte para obtener un tamaño de partícula y con la finalidad de optimizar la eficiencia de trabajo y el nivel de mecanización.

Caracterización técnica del molino

Se trabajó con un molino agrícola marca Azteca del N°6, modelo (301011), con un motor monofásico de (1.5 kW. De 127 V, y 25 Amp), la velocidad de rotación de 3510 rpm, un par motor de 4.05 N.m, la criba original es lámina de 6 mm, con un tamiz de 4.8 mm de diámetro. El molino tiene una cavidad de alimentación de 15 cm, un rotor con portadiscos de 30 cm de diámetro y 18 martillos de acero de 3.81cm.

Se realizó una molienda inicial en el molino original con nopal forrajero (*Opuntia ficus-indica)* con pencas de 8 y 12 meses de edad, de 25 a 30 cm de largo, pencas de 500 y 600 gr, con espesores de 2.5 a 3 cm. El molino original, presentó una eficiencia de trabajo del 72 %, ***no*** se logró obtener el tamaño de partícula, ni la estructura y uniformidad que se buscaba. La molienda obtenida fue una biomasa pastosa muy liquida, con trozos y fragmentos de nopal grandes de 5.4 cm hasta 9 cm, además presento un atascamiento de la molienda en la criba inicial (figura 1).



Figura 1. Molienda de nopal pastosa (diseño original del molino)

Durante el análisis de molienda se caracterizaron algunos parámetros y criterios técnicos del molino, como: velocidad de rotación, el par motor, diámetro de la criba, el sistema de corte, potencia de motor, potencia de corte, capacidad y eficiencia de trabajo. Las mejoras tecnológicas al molino implico hacer un rediseño del sistema y herramienta de corte y a la criba, esto fue a través de cálculos de diseño de ingeniería mecánica, con el fin de aumentar la eficiencia y la fiabilidad de trabajo.

Diseño del sistema de corte

Se aplicaron softwares de diseño de ingeniería mecánica (Solidworks) para rediseñar el nuevo sistema de corte con las cuchillas requeridas de acuerdo al estudio técnico, al diseño conceptual y a las necesidades de trabajo para una mejor efectividad y funcionalidad durante la molienda de residuos verdes.

Resultados y discusión

Para mejorar la eficiencia en la técnica de corte y molienda de biomateriales, con base al análisis técnico del molino se quitaron los 18 martillos y se colocaron 12 cuchillas de acero de 94 mm de largo y 25.4 mm de ancho, soldadas de forma vertical en el porta discos del rotor, también se colocaron 3 cuchillas triangulares de 120 mm de largo y 80 mm de alto, colocadas horizontalmente sobre los discos del rotor, con un ángulo de ataque de 35°, integrando así un solo sistema de corte. (Figura 2).

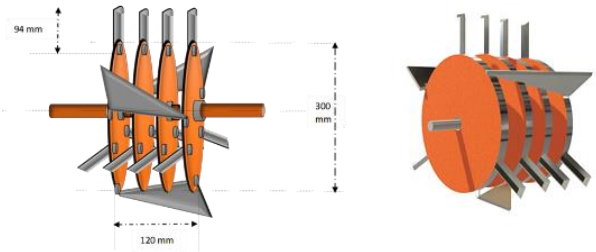


Figura 2. Nuevo sistema de corte del molino.

Con el rediseñó al sistema de corte y criba del molino, se realizó una segunda evaluación de la molienda de nopal con las características y requerimientos de (edad, peso, tamaño, y espesor) se obtuvieron 10 muestras de 3.3 kg. Obteniendo un promedio de 2.9 kg/muestra de molienda, reduciendo mermas de la molienda a un 6%. Los ajustes técnicos precisaron un desarrollo tecnológico en el proceso de molienda, la herramienta de corte cumple el objetivo al mejorar su funcionalidad logrando mejor uniformidad en el corte y en el tamaño de partícula de la molienda de nopal con intervalos de confianza 0.7 a 3 cm. (figura

3), favoreciendo la porosidad y la oxigenación del material. Presenta mejor rendimiento y una eficiencia de trabajo de (88 y 90%),



Figura 3. Molienda de nopal con la nueva herramienta de corte

También se evaluó la molienda bajo indicadores técnicos para obtener un tamaño de partícula aplicando el método de granulometría.

Conclusiones

Se realizó un desarrollo tecnológico a través de un rediseño de la herramienta de corte incorporado a un molino agrícola de martillos, mejora el proceso de molienda del nopal destinado a la fermentación y alimento para los rumiantes. Con los ajustes al molino y la nueva herramienta de corte se pudo obtener mejor uniformidad y tamaño de partícula (1 a 3 cm), la biomasa tiene mejor estructura y favorece la aireación y oxigenación del sustrato. Se evaluó la molienda bajo indicadores técnicos para obtener un tamaño de partícula aplicando el método de granulometría.

Agradecimiento

Agradezco al Colegio de Postgraduados Campus SLP por apoyarnos con las instalaciones para esta investigación, y al SECIHTI antes Conahcyt, por la beca otorgada y a los productores de interés.

Referencias bibliográficas

1. FAO. (2019). Árboles, bosques y uso de la tierra en las tierras secas: primera evaluación mundial – informe completo. Estudio FAO: Bosques n.º 184. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. https://doi.org/10.4060/ca4642es URL:https://www.fao.org/3/ca4642es/ca4642es.pdf
2. Consain Insights. (2025). Forage Feed Market Report: Size, Share, Growth, & Analysis (2030). https://www.consainsights.com/reports/forage-feed-market
3. udgal, V., Mehta, MK, Rane, AS, 2018. Paja de lenteja (Lens culinaris): una fuente de alimentación 491 alternative y nutritiva para niños. Anim. Nutr. 4, 417–421.https://doi.org/ 10.1016/j.aninu.2018.04.009
4. Pimienta-Barrios, E., & Martínez, A. (2008). El nopal como forraje en la alimentación de rumiantes en zonas áridas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 29(3), 215–225. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43717202.
5. Murillo, M., Herrera, E., Carrete, F. O., Ruiz, O., & Serrato, J. S. (2012). Chemical composition, in vitro gas production, ruminal fermentation and degradation patterns of diets by grazing steers in native range of North Mexico. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 25(10), 1395–1403. https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12281CSIRO
6. Peng, Z. (2024). Exploring solid-state fermentation: Principles, applications, and challenges. Ferment Technology, 13, 174. https://doi.org/10.4172/2167-7972.24.13.174

.

CARACTERIZACIÓN ESTATAL DE LA PRODUCCIÓN DE PEQUEÑOS RUMIANTES EN MÉXICO AL 2023.

Maria Angelica Ortiz-Heredia[2], Daniel Alonso Domínguez-Olvera[1]*, José Ricardo Bárcena Gama[2], Pedro Arturo Martínez-Hernández[3], Nekhebet Hernández Pérez[3], Carmen Durán Sebastián[3]

[1]FMVZ-UNAM; [2]PRGP-GAN-ColPos; [3]DEIS-Zootecnia-UACh.

*Autor para correspondencia: iazdalonso@gmail.com

Palabras clave: análisis de componentes principales, análisis clúster, pequeños rumiantes.

Introducción

La cría de pequeños rumiantes, ovinos y caprinos, constituye una actividad pecuaria clave en México debido a su impacto en la seguridad alimentaria y en el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales en distintas regiones del país (Vargas-Bello-Pérez et al., 2023). Según los registros nacionales, existen aproximadamente 8.7 millones de cabras y la población ovina ha mostrado un crecimiento constante, superando los 8 millones de animales. La mayor parte de esta producción se localiza en entidades como Hidalgo, Veracruz, Jalisco, Puebla, Zacatecas, Tlaxcala y San Luis Potosí, que en conjunto generan más del 60% del total nacional (FAO, 2019). Los sistemas de explotación de pequeños rumiantes en México presentan una notable diversidad, incluyendo esquemas extensivos, semi-intensivos e intensivos, cada uno con características particulares que inciden en la sostenibilidad ambiental, la productividad y el bienestar animal (Vega-Ávila & González-Stagnaro, 2022). No obstante, la oferta nacional de carne y leche de estos animales sigue siendo insuficiente para cubrir la demanda interna, lo que impulsa la necesidad de implementar estrategias de mejora productiva y recurrir a métodos multivariados para analizar y optimizar la producción a nivel estatal (Rivas, 2023). En este sentido, el objetivo de este estudio fue caracterizar la producción estatal de los pequeños rumiantes más relevantes en México durante 2023, empleando herramientas multivariadas para identificar tendencias, oportunidades y desafíos en el sector.

Materiales y métodos

Se obtuvo la información estatal del nivel de producción anual de pequeños rumiantes, en toneladas y miles de litros, de México en el 2023; dicha información se obtuvo del Módulo Estatal Pecuario del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON 2.0), descargado e instalado el 3 de abril del 2025, del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero. Las variables estatales de la producción de pequeños rumiantes anual fueron: carne de caprino (CC), leche de caprino (LC), carne de ovino (CO) y lana de ovino (LO). Para realizar la caracterización de los estados por su producción, se aplicó el análisis de componentes principales (ACP) para agrupar las variables, el método de selección de componentes se estableció con el autovalor mayor a 1.0, mientras que la asignación de variables a los componentes, se asignó al mayor autovector en cada componente. Para agrupar a los estados por similitud, se realizó el análisis clúster (AC) con el método de varianza mínima de Ward, que se basa en la distancia entre grupos, dicha distancia se fijó en el 60 % de la distancia total, con base en la evaluación del dendrograma. Una vez determinados las agrupaciones, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) considerando la agrupación como efecto fijo y se realizó una comparación con la prueba de Tukey-Kramer para muestras de tamaño diferente y con un alfa del 0.05, para determinar las diferencias significativas en las variables estudiadas. Todos los análisis se hicieron con el software SAS OnDemand for Academics (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA, Licencia u63361883); PROC PRINCOMP para componentes principales; PROC CLUSTER, para análisis de conglomerados; y PROC GLM, para ANOVA y prueba Tukey-Kramer.

Resultados y discusión

Componentes de caracterización. En el Cuadro 1, se muestra la composición de los componentes principales (CP), muestra el autovalor de los componentes, la varianza que explica cada uno y las distintas variables que lo constituyen con su correlación. Únicamente dos CP tuvieron un autovalor mayor al 1.0, estos explican el 75.62% de la variabilidad de los datos, un valor considerado bueno para un análisis que considerará únicamente dos CP (Domínguez et al., 2019). El Componente 1, explica el 43.87% de la varianza total, con la mayor correlación con la carne de ovino y lana de ovino, que son las dos variables de ovino producidas en México, con producciones de 68,451 y 3,797 toneladas, respectivamente. El

Componente 2, que explica 31.75% de la varianza, tuvo correlación con la carne de caprino y leche de caprino, con una producción de 41,034 toneladas y 169,204 miles de litros, respectivamente. Básicamente tuvimos un componente para variables de ovino y otro para variables caprinas.

Agrupación. El resultado de la agrupación por el análisis cluster, determinó una que la distancia de Ward total de todos los estados fue de 0.317, la similitud en la agrupación jerárquica tuvo un valor de 0.19, resultando en tres grupos, Figura 1.

Cuadro 1. Composición de los componentes principales.

Componente	Autovalor	Varianza, %	Varianza acumulada, %	Variables	Correlación de la variable con el componente
1	1.75	43.87	43.87	Carne de ovino	0.66
				Lana de ovino	0.64
2	1.27	31.75	75.62	Carne de caprino	0.58
				Leche de caprino	0.76

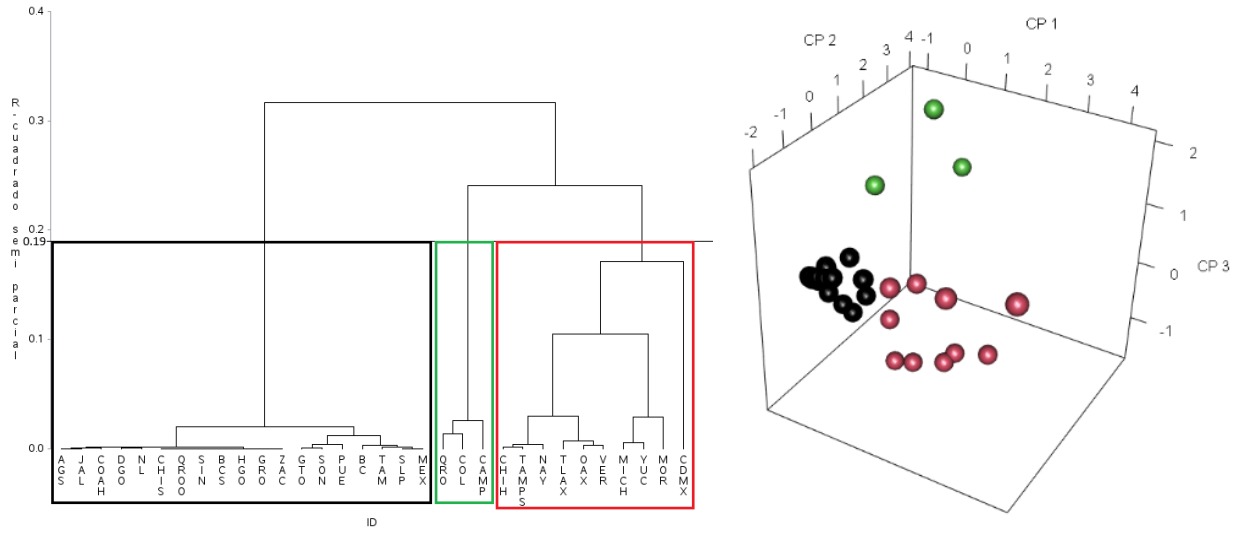


Figura 1. Izquierda. Dendrograma de las agrupaciones resultantes. Derecha. Distribución de los estados en los distintos componentes principales (CP), colores iguales son estados que conforman al mismo grupo. Negro, Grupo 1; Rojo, Grupo 2; Verde, Grupo 3. AGS, Aguascalientes; BC, Baja California; BCS, Baja california Sur; CAMP, Campeche; COAH, Coahuila; COL, Colima; CHIS, Chiapas; CHIH, Chihuahua; CDMX, Ciudad de México; DGO, Durango; GTO, Guanajuato; GRO, Guerrero; HGO, Hidalgo; JAL, Jalisco; MEX, Edo. México; MICH, Michoacán; MOR, Morelia; NAY, Nayarit; NL, Nuevo León; OAX, Oaxaca; PUE, Puebla; QRO, Querétaro; QROO, Quintana Roo; SLP, San Luis Potosí; SIN, Sinaloa; SON, Sonora; TAM, Tampico; TAMPS, Tamaulipas; TLAX, Tlaxcala; VER, Veracruz; YUC, Yucatán; ZAC, Zacatecas.

Descripción de la agrupación. El Grupo I consideró a 19 estados, 59.37% de la población, esta agrupación tuvo una producción promedio de carne de caprino, leche de caprino, carne de ovino y lana de ovino baja, esto sugiere que estos estados tienen una especialización en la producción de carne de otras especies. El Grupo II, tres estados, el 9.37% de la población, tuvieron una producción promedio de carne de caprino, carne ovino y lana alta, pero leche de cabra baja. Esto podría deberse a la disponibilidad de recursos, la infraestructura, la demanda del mercado o al bajo desarrollo de otras industrias. El Grupo III con 10 estados, 31.25%, se diferencia por su nivel de producción promedio de carne y leche de caprino alta, pero carne y lana de oveja baja; estados que tienen especialización en la producción de carne de caprino y pueden tener ventajas comparativas en esta área o un mercado bien definido. Todo lo anterior es respecto a las otras agrupaciones, Cuadro 2. Los grupos II y III fueron los mayores productores de carne de caprino, diferentes ($P<0.0001$) al Grupo I. El Grupo III fue el mayor productor promedio de leche de cabra, diferente ($P<0.0001$) a los otros grupos. El Grupo II fue el mayor productor promedio de carne de ovino, diferentes ($P<0.0001$) a los otros grupos. Mientras que la variable lana de oveja, no mostró diferencias estadísticas significativas entre grupos, aunque, en el análisis de varianza, arrojó que sí existe un efecto significativo por grupo ($P=0.0123$), Cuadro 2.

Cuadro 2. Medias de niveles de producción y resultados del análisis de varianza de los distintos tipos de producto de pequeños rumiantes por agrupación.

Variable	Grupo			ANOVA	
	I	II	III	RMSE	P-Valor
Carne de caprino, t	401.24[b]	2,704.31[a]	2,122.62[a]	1,067.65	<0.0001
Leche de caprino, miles de litros	1,201.00[b]	3,057.68[b]	38,603.00[a]	4,057.04	<0.0001
Carne de ovino, t	1,020.67[b]	4,545.08[a]	1,202.59[b]	1,540.76	<0.0001
Lana de ovino, t	17.08[a]	339.37[a]	26.32[a]	261.72	0.0120

RMSE: Raíz del Cuadrado Medio del Error. Medias con literales diferentes en hilera significa diferencia significativa, con un α del 0.05, con prueba de Tukey-Kramer. ANOVA: Análisis de Varianza.

Conclusión

Los métodos multivariados utilizados permitieron encontrar patrones y simplificar el fenómeno para describir la producción estatal de pequeños rumiantes en México.

La producción estatal de los pequeños rumiantes en México, puede agruparse en dos componentes, variables caprinas y variables ovinas, la importancia estatal de las variables estudiadas incide en 13 estados.

Tres grupos permiten describir de manera adecuada la variación de la producción de pequeños rumiantes en los distintos estados de México.

Referencias bibliográficas

1. Domínguez Olvera, D.A., Herrera Haro, J.G., Caamal Cauich, I. & Dorantes Jiménez, J. (2019). Evaluación Técnico-Económica de las Explotacciones Siizo Americano en las Regiones Centro y Frailesca de Chiapas. FPS, EFH & LGM (Ed.). La Desigualdad del Ingreso y la Especialización en la Producción. (pp. 9-29). Editorial ASMIIA A.C. Disponible en: https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2019/09/Desigualdad-del-Ingreso.pdf
2. Rivas, J. A. (2023). Actividad productiva y sanitaria de pequeños rumiantes en México [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí]. Repositorio Institucional UASLP. https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/8475/TESISM.FAV.2023.Actividad.Rivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. SAS Institute Inc. (2023). SAS Studio OnDemand for Academics [Software]. Cary, NC, USA.
4. Vargas-Bello-Pérez, E., Arce-Recinos, C., Mendoza-Taco, M. M., Luna-Palomera, C., Ramírez-Bautista, M. A., Piñeiro-Vazquez, A. T., Vicente-Perez, R., Tedeschi, L. O., & Chay-Canul, A. J. (2023). The status of the sheep sector in Mexico: Challenges and opportunities. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 26, Article 101. https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/4872/2108
5. Vega-Ávila, E., & González-Stagnaro, C. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. Revista MVZ Córdoba, 27(1), e2246. https://doi.org/10.21897/rmvz.2246



ÁREA AGRÍCOLA

"A CUESTAS CON LA BELLEZA" / *Faustino García Pérez*

60ª | Reunión científica

2025 • SAN LUIS POTOSÍ

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

Comité científico del Área Agrícola

PRESIDENTE

Héctor Daniel Inurreta Aguirre, INIFAP

EDITORES

Héctor Daniel Inurreta Aguirre, INIFAP
Rosa Laura Rebolledo García
Dante Sumano López, INIFAP

RESPONSABLES DE SECCIÓN

Jesús Soria Ruíz	INIFAP	AGUA, SUELO, AGROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO
Elizabeth León García	INIFAP	BIOTECNOLOGÍA Y GENÓMICA
Alejandro de Jesús Cano González	INIFAP	FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL
Miguel Ángel Cano García	INIFAP	MANEJO AGRONÓMICO
Lourdes Ledesma Remírez	INIFAP	RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORAMIENTO
Luis Antonio Mariscal Amaro	INIFAP	SANIDAD VEGETAL
Alejandra Vélez Izquierdo	INIFAP	SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Revisores por sección

AGUA, SUELO, AGROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Adriana Mellado Vázquez	INIFAP
Agustín Limón Ortega	INIFAP
Alejandro Cruz González	UACH
Arturo Corrales Suastegui	INIFAP
Carlos A. Tinoco Alfaro	INIFAP
Claudia T. Lomas Barrié	INIFAP
Enrique Buendía Rodríguez	INIFAP
Erasto D. Sotelo Ruiz	INIFAP
Francisco G. Echavarría Chairez	INIFAP
Gabriel Díaz Padilla	INIFAP
Gonzalo Zapata Buenfil	INIFAP
Guillermo Fuentes Dávila	INIFAP
Héctor Flores Magdaleno	COLPOS
Ignacio Sánchez Cohen	INIFAP
Isabel Reyes Avilés	INIFAP
Jesús M. Soto Rocha	INIFAP
Jesús Soria Ruiz	INIFAP
Jocksan E. Reyes Andrade	INIFAP
Juan A. Quijano Carranza	INIFAP
Juan M. Cortés Jiménez	INIFAP
Julián Cerano Paredes	INIFAP
Lucas A. Fadda	INIFAP
Luis Fregoso Tirado	INIFAP
Marco A. Inzunza Ibarra	INIFAP
Martha E. Ramírez Guzmán	COLPOS
Miguel Manzanilla Ramírez	INIFAP
Nadiezhda Ramírez Cabral	INIFAP
Olga Santiago Trinidad	INIFAP
Oscar A. Grageda Cabrera	INIFAP
Osias Ruiz Álvarez	INIFAP
Ramiro Perez Miranda	INIFAP
Ramón Arteaga Ramírez	UACh
René Gómez Mercado	INIFAP
Ricardo Martínez Gutiérrez	INIFAP
Sergio Góngora González	INIFAP
Venancio Cuevas Reyes	INIFAP
Vidal Guerra de la Cruz	INIFAP
Walter López Báez	INIFAP
Yolanda M. Fernández Ordoñez	COLPOS

BIOTECNOLOGÍA Y GENÓMICA

Adriana Isabel Perez Luna	INIFAP
Alaina Alessa Esperón Rojas	UCC
Alfredo Reyes Tena	UMSNH
Arturo Ángel Hernández	INIFAP
Delia Esther Páramo Calderón	UNPA
Dennis Magaña Ortiz	TecNM Campus Mérida
Elizabeth León García	INIFAP
Eugenio Rangel León	TecNM Campus Boca del Río
Felipe Flores De La Rosa	INIFAP
Gabriel Lizama Uc	TecNM Campus Mérida
Gabriela Sandoval Cancino	INIFAP
Gilber Vela Gutiérrez	UNICACH
Hugo Sergio Garcia Galindo	TecNM Campus Veracruz
Humberto José Estrella Maldonado	INIFAP
Ignacio Alejandro Pérez Legaspi	TecNM Campus Boca del Río
Jesús Hernández Ruiz	UG
Jorge Eric Ruiz Nieto	UG
Luis Guerrero Cabrera	CISECE
Marco Miguel Plancarte De La Torre	CUCBA
Martha Elena Mora Herrera	UAEM
Miguel Ángel Martínez Ortiz	INIFAP
Nain Peralta Antonio	INIFAP
Oscar Andres Del Ángel Coronel	UTECAN
Radames Trejo Valencia	TecNM Campus Mérida
Ricardo Santillán Mendoza	INIFAP
Socorro Morales Flores	INIFAP

FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL

Antonio Villalobos González	INIFAP
Augusto Javier Peña Peña	INIFAP
César Antonio Casasola Elizondo	INIFAP
César Del Ángel Hernández Galeno	INIFAP
Elizabeth De Los Ángeles Herrera Parra	INIFAP
Emiliano Loeza Kuk	INIFAP
Genovevo Ramírez Jaramillo	INIFAP
Gilbert Jose Herrera Cool	INIFAP
Guillermina Martínez Trejo	INIFAP
Hermes Perez Hernández	INIFAP
Isidro Fernández González	INIFAP

Jeremías Nataren Velázquez	INIFAP
Jesús Manuel Soto Rocha	INIFAP
Jorge Humberto Ramírez Silva	INIFAP
Jorge Ismael Tucuch Haas	INIFAP
Liliana Eunice Saucedo Picazo	INIFAP
Luis Filipe Da Conceicao Dos Santos	INIFAP
Manuel Jesús Zavala León	INIFAP
María Alma Rangel Fajardo	INIFAP
Martín Andres García Gómez	TecNM Campus Champotón
Mirna Hernández Pérez	INIFAP
Mónica Guadalupe Lozano Contreras	INIFAP
Nelda Guadalupe Uzcanga Perez	INIFAP
Yameli Guadalupe Aguilar Duarte	INIFAP

MANEJO AGRONÓMICO

Ana Laura Reyes Reyes	INIFAP
David Heriberto Noriega Cantú	INIFAP
Jesús Martínez Sánchez	INIFAP
José Luis Arispe Vázquez	INIFAP
Leodegario Osorio Alcalá	INIFAP
Luis Antonio Gálvez Marroquin	INIFAP
Manuel Grajales Solís	INIFAP
Marianguadalupe Hernández Arenas	INIFAP
Miguel Ángel Cano García	INIFAP
Misael Martínez Bolaños	INIFAP
Sandra Eloísa Rangel Estrada	INIFAP
Simitrio Ortiz Curiel	INIFAP
Ulises Santiago López	INIFAP
Verónica Mariles Flores	INIFAP

RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORAMIENTO

Alberto Borbón Gracia	INIFAP
Alejandro Ledesma Miramontes	INIFAP
Alfredo Josué Gámez Vázquez	INIFAP
Bulmaro de Jesús Coutiño Estrada	INIFAP
César del Ángel Hernández Galeano	INIFAP
Eduardo Espitia Rangel	INIFAP
Elena Heredia García	INIFAP
Eliel Martínez Cruz	INIFAP
Elizabeth Garcia León	INIFAP
Ernesto Solís Moya	INIFAP

Francisco Cervantes Ortiz	TecNM Campus Roque
Francisco Paul Gámez Vázquez	INIFAP
Javier Ireta Moreno	INIFAP
Jorge Alberto Acosta Gallegos	INIFAP
Jorge Iván Alvarado Padilla	INIFAP
José Luis Escobar Álvarez	INIFAP
José Luis Pons Hernández	INIFAP
José Luis Ramírez Díaz	INIFAP
José Roberto Augusto Dorantes González	INIFAP
Juan Jose García Rodriguez	INIFAP
Lourdes Ledesma Ramírez	INIFAP
Luis Eduardo Cossío Vargas	INIFAP
María Alma Rangel Fajardo	INIFAP
Micaela De la O Olán	INIFAP
Miguel Ángel Ávila Perches	INIFAP
Mirna Hernández Pérez	INIFAP
Noel Orlando Gómez Montiel	INIFAP
Patricia López Perea	INIFAP
René Hortelano Santa Rosa	INIFAP
Ricardo Ernesto Preciado Ortiz	INIFAP
Ricardo Yáñez Lopez	TecNM Campus Roque
Salvador Montes Hernández	INIFAP
Sarahyt Santamaría González Figueroa	INIFAP
Ulises Aranda Lara	INIFAP

SANIDAD VEGETAL

Bertha María Sanchéz García	INIFAP
Blanca Moreno Gómez	INIFAP
Brenda Zulema Guerrero Aguilar	INIFAP
Elizabeth Chiquito Almanza	INIFAP
Elizabeth García León	INIFAP
Jesús Rubén Rodríguez Núñez	UG
José Francisco Rodríguez Rodríguez	INIFAP
José Luis Anaya López	INIFAP
José Luis Zarate Castrejón	UG
Juan Eduardo Murillo Hernández	INIFAP
Lourdes Ledesma Ramírez	INIFAP
María Florencia Rodríguez García	INIFAP
Miguel González González	INIFAP
Mirna Bobadilla Meléndez	INIFAP
Patricia Rivas Valencia	INIFAP

Sarahyt Santamaría González Figueroa	INIFAP
Talina Olivia Martínez Martínez	INIFAP

SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Alma Velia Ayala Garay	INIFAP
Mercedes Borja Bravo	INIFAP
Erika Belem Castillo Linares	INIFAP
Filemón Rafael Rodríguez Hernández	INIFAP
José Antonio Espinosa García	INIFAP
Nelda Guadalupe Uzcanga Peréz	INIFAP
José Luis Jolalpa Berrera	INIFAP
Alejandra Vélez Izquierdo	INIFAP
Blanca Isabel Sánchez Toledano	INIFAP
Jaime Rangel Quintos	INIFAP
Rubén Darío Gongora Pérez	INIFAP
Lucila Godínez Montoya	UAEMéx
María Magdalena Rojas Rojas	UACh
Silvia Xóchitl Almeraya Quintero	COLPOS
Julio Díaz José	UV

Área Agrícola

SECCIÓN 1. AGUA, SUELO AGROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO 706

SISTEMA MAÍZ-CANAVALIA-CRATYLIA: UNA ALTERNATIVA PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DEGRADADOS 707

FECHA ÓPTIMA DE SIEMBRA, UNIDADES CALOR Y PROBABILIDAD DE HELADAS EN SORGO DE RIEGO DEL NORTE DE TAMAULIPAS CICLO O-I 710

TENDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COMARCA LAGUNERA CON BASE EN LOS ÍNDICES ETCCDI 713

PLANTAS HORTÍCOLAS EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS VERTICALES. ESTUDIO DE VIABILIDAD 716

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA POR ACOLCHADO DE RASTROJO .. 719

EFICIENCIA HÍDRICA DE MAÍZ DE TEMPORAL EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL NORTE DE GUANAJUATO 722

MODELO DE TRANSPIRACIÓN PARA CULTIVO DE HORTALIZAS EN TORRES HIDROPÓNICAS VERTICALES 725

DIAGNÓSTICO CONTINUO DEL CICLO DE SORGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS 728

IMPACTO DE DOS REGÍMENES DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO EN EL SUR DE SONORA 731

CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO AGRÍCOLA DE CULTIVOS DE MAÍZ Y PRADERAS EN EL NOROCCIDENTE DEL ESTADO DE MÉXICO 734

CONTENIDO CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS CAFETALEROS DE COATEPEC, VERACRUZ BAJO DENSIDADES DE SOMBRA ARBÓREA MENOR AL 45% 737

MODELOS DE IDONEIDAD AMBIENTAL DEL CAFÉ Y LA ROYA DEL CAFETO EN MÉXICO Y CENTROAMÉRICA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 740

CAPTURA DE CARBONO ATMOSFÉRICO Y SU SECUESTRO EN SUELO CON PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN MAÍZ PARA FORRAJE DE TEMPORAL 743

INTERACCIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD CON EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA EN AGROECOSISTEMAS DE MAÍZ-FORRAJE DE MÉXICO 746

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ESTRÉS CALÓRICO GANADERO MEDIANTE EL ÍNDICE THI EN CHIHUAHUA, MÉXICO 749

HUMEDAD EDÁFICA EN FUNCIÓN DEL SUBSOLADO E INFILTRACIÓN EN EL CULTIVO DE SOYA EN CONDICIONES DE TEMPORAL 752

HUMEDAD EDÁFICA-TENSIL EN EL AGROSISTEMA CACAO EN CHIAPAS 755

VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE COSECHA DE SECANO FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA 758

CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS EN HOJAS DE *Agave cupreata* TREL. & BERGER EN ESTRÉS HÍDRICO 761

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL MEZQUITE (*Prosopis* spp.) EN EL NOROESTE DE MÉXICO UTILIZANDO SENSORÍA REMOTA 764

ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE SEQUÍAS METEREOLÓGICA CON BASES DE DATOS DE PRECIPITACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN EN LA CUENCA DEL PÁNUCO 767

VARIABILIDAD EN LA PROYECCIÓN DE SEQUÍAS EN MÉXICO EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO 770

SECCIÓN 2. BIOTECNOLOGÍA Y GENÓMICA 773

DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE POLEROVIRUS CPLRV ASOCIADO AL AMARILLAMIENTO Y ENROLAMIENTO DE LAS HOJAS DE GARBANZO EN SINALOA, MÉXICO. 774

CARACTERIZACIÓN DE LA MICROBIOTA DEL SUELO EN CULTIVOS DE NOPAL VERDURA MEDIANTE METABARCODING 777

CARACTERIZACIÓN DE SUSPENCIONES CELULARES DE PIÑÓN MEXICANO POR SU TOLERANCIA AL METIL JASMONATO 780

CARACTERIZACIÓN DE PECTINA DE CÁSCARA DE PITAHAYA (*Hylocereus* sp.) 783

ACLIMATACIÓN DE VITROPLÁNTULAS DE FRESA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO SALICÍLICO EN CONDICIONES *in vitro* 786

COMPARACIÓN DEL EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS Y COMERCIALES SOBRE *Agave cupreata* EN DISTINTAS EDADES EN VIVERO 789

EL CULTIVO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) COMO FUENTE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS 792

EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS SOBRE EL DESARROLLO DE *Agave cupreata* EN VIVERO 795

EFECTO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CASCARILLA DE CACAO SOBRE SUS PROPIEDADES BIOQUÍMICAS 798

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MIEL DE *Scaptotrigona mexicana* Y EXTRACTO DE HOJA DE *Argemone mexicana* COMO INDUCTOR FLORAL EN *Gazania rigens* 801

CARACTERIZACIÓN METAGENÓMICA DE LA MICROBIOTA DEL SUELO EN PLANTACIONES DE CÍTRICOS 804

MULTIPLICACIÓN *in vitro* DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca)* POR MEDIO DE BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL (BIT) 807

SÍNTESIS Y EVALUACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AgNPs) COMO AGENTE ANTIMICROBIANO AUXILIAR EN EL CULTIVO *in vitro* DE AGUACATE 810

AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FILOGENIA DE UNA CEPA DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* RAZA 1 DE PLÁTANO MANZANO 813

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Trichoderma harzianum* Y *Bacillus siamensis* EN MEDIOS DE CULTIVO CON NANOPARTÍCULAS DE HIDROXIAPATITA 816

MULTIPLICACIÓN *in vitro* DE FRESA (*Fragaria* sp.) MEDIANTE EL USO DE META-TOPOLINA CON FINES DE CONSERVACIÓN 819

BASES BIOTECNOLÓGICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO *in vitro* DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.) 822

EFECTO DE LA METATOPOLINA EN LA PROPAGACIÓN *In vitro* DE VAINILLA (*V. planifolia*) EN TRES SISTEMAS DE CULTIVO 825

MEDIOS DE CULTIVO PARA EL DESARROLLO DE CALLOS A PARTIR DE EXPLANTES FOLIARES Y NODALES DE *Solanum tuberosum* L. 828

ORGANOGÉNESIS *in vitro* EN PLANTAS DE *Solanum tuberosum* L. CON PRETRATAMIENTOS DE ÁCIDO SALICÍLICO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO 831

EFECTO FITOESTIMULANTE DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA DURANTE LA MULTIPLICACIÓN Y ENRAIZAMIENTO *in vitro* DE FRESA (*Fragaria* x *Ananassa* DUCH.) 834

IMPACTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA METAGENÓMICA DE MARCADORES: EVALUACIÓN EN SUELOS CULTIVADOS CON TOMATE (*Solanum lycopersicum* Y *pimpinellifolium*) 837

IDENTIFICACIÓN DE GENES ORTÓLOGOS ASOCIADOS A LA TOLERANCIA A SEQUÍA Y SALINIDAD EN AGUACATE (*Persea americana*) MEDIANTE HERRAMIENTAS BIOINFORMÁTICAS 840

CALLOGÉNESIS EN EXPLANTES FOLIARES DE GENOTIPOS MEXICANOS DE *Solanum tuberosum* L. PRECULTIVADOS EN ÁCIDO SALICÍLICO 843

USO DE BRASINOSTEROIDES Y CALCIO PARA LA GENERACIÓN DE ESTRUCTURAS AÉREAS VEGETALES EN CULTIVO *in vitro* DE AGUACATE 846

MICROPROPAGACIÓN DE UN HÍBRIDO DE *Laeliocattleya* 849

Agave lechuguilla COMO FUENTE DE RIZOBACTERIAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA 852

MODIFICACIÓN GENÉTICA DE *Brassica oloracea VAR CAPITATA* CON EL GEN CCV1 DEL POLIDNAVIRUS DE *Cotesia congregata* 855

ALTERNATIVA ECOAMIGABLE PARA EL CONTROL DE *Neopestalotiopsis rosae* EN FRESA (*Fragaria × ananassa*) EN LA ZONA DEL BAJÍO MEXICANO 858

PROLIFERACIÓN DE YEMAS Y ADAPTACIÓN A CONDICIONES *EX VITRO* DE *Agave convallis* ... 861

ESTUDIO DE LA RESILIENCIA A LA SEQUÍA *in vitro* EN CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR 864

LAS NANOPARTÍCULAS DE HIDROXIAPATITA DE CALCIO INCREMENTAN LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS EN ALFALFA (*Medicago sativa* L.) 867

OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN POR SONICACIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES A PARTIR DE CÁSCARA DE CACAO 870

EVALUACIÓN DE METABOLITOS PRODUCIDOS POR *Bacillus siamensis* M113 EN DISTINTOS MEDIOS DE CULTIVO EN PLANTAS DE *Arabidopsis thaliana* 873

EFECTO DEL FOTOPERIODO SOBRE EL CRECIMIENTO Y METABOLISMO *in vitro* DE *Plumbago pulchella* EN MEDIO LÍQUIDO 876

ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE FIJACIÓN DE NITRÓGENO DE CINCO CEPAS BACTERIANAS MEDIANTE MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO 879

DIVERSIDAD GENÉTICA DE VARIEDADES DE NOCHEBUENA MEDIANTE MARCADORES MOLECULARES 882

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE CASCARILLA DE CACAO PARA USO EN HARINAS ALIMENTICIAS 885

RESPUESTAS MORFOGENÉTICAS EN *Pinguicula debbertiana* F. SPETA & F. FUCHS, CRECIENDO *in vitro* EN MEDIOS LÍQUIDOS 888

SEGURIDAD ALIMENTARIA: CULTIVO DE *Pleurotus* spp. POR MÉTODOS ARTESANALES 891

LATENCIA CIRCANUAL EN *Laelia speciosa* (ORCHIDACEAE), EXPRESADA EN LA GERMINACIÓN *in vitro* DE SEMILLAS, CONSERVADAS BAJO FACTORES AMBIENTALES CONTROLADOS 894

MICROPROPAGACIÓN DE GENOTIPOS SUPERIORES A PARTIR DE BULBOS DE PLÁNTULAS DE *Agave cupreata* TREL & BERGER 897

CARACTERIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE MAZORCA DE CACAO PARA SU POTENCIAL VALORIZACIÓN 900

SECCIÓN 3. FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL 903

RESPUESTA DE ACCESIONES DE SARAMUYO (A*nnona muricata* L.) A LA INOCULACIÓN DE UN CONSORCIO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS 904

ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE Y TOMATE CON NANOPARTÍCULAS DE SELENIO 907

RENDIMIENTO DE GRANO Y RENTABILIDAD DE MAÍZ NATIVO EN MONOCULTIVO Y MILPA, BAJO TEMPORAL EN LA MIXTECA DE OAXACA 910

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS MOLECULARES PARA EL MONITOREO MICROBIANO ORIENTADO A LA SALUD DEL SUELO EN SISTEMAS AGRÍCOLAS DE SAN LUIS POTOSÍ 913

NUEVO PAQUETE TECNOLÓGICO PARA MAÍZ DE RIEGO EN EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ 916

ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO EN LA PRODUCCIÓN DE AJO CALERENSE *(Allium sativum* L.*)* EN LA COMARCA LAGUNERA 919

CARACTERIZACIÓN EDÁFICA EN LA TRANSICIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ A CULTIVO INTENSIVO DE AGAVE 922

DESARROLLO DE CARDO MARIANO (*Silybum marianum* L.) EN TRES CONCENTRACIONES DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA 925

DOSIS ÓPTIMA DE FERTILIZACIÓN DEL NOGAL PECANERO [*Carya illinoinensis* (WANGENH.) K. KOCH] EN LA REGIÓN CENTRO-SUR DE CHIHUAHUA, MÉXICO 928

AISLADOS BACTERIANOS Y HONGOS MICORRÍZICOS, COMO ALTERNATIVAS AL USO DE FERTILIZANTES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*) 931

USO DE ROCA FOSFÓRICA Y DE UN CONSORCIO BACTERIANO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) 934

EFECTO DEL pH SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CIC, BASES INTERCAMBIABLES Y MICRONUTRIENTES EN LOS SUELOS DE MORELOS 937

EFECTO DE INSUMOS AGRÍCOLAS EN EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE FRESA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN 940

UN ACERCAMIENTO TERRITORIAL A LA CALIDAD DEL SUELO EN LA MICROCUENCA CUAUHTÉMOC, VILLAFLORES, CHIAPAS 943

LEONARDITA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADO EN SUSTRATO 946

EFECTO DE LIXIVIADO DE LOMBRIZ ENRIQUECIDO CON *Trichoderma* sp. EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE JITOMATE 949

PRODUCCIÓN DE TRIGO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOSIS CRECIENTES DE UN BIOFERTILIZANTE 952

RENDIMIENTO DEL MAÍZ Y MEJORA DEL SUELO MEDIANTE FERTILIZACIÓN MIXTA Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN AGRÍCOLA 955

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA LA EXTRACCIÓN DE LIGNINA 958

RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LA LECHUGA (*Lactuca Sativa* L.) A VARIACIONES EN LA COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA STEINER 961

EFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN PLÁNTULAS DE MAÍZ NATIVO 964

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE SILICIO Y ÁCIDO GLUTÁMICO 967

USO DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL PARA LA REDUCCIÓN DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR 970

ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN CHILTEPÍN BAJO DIFERENTE POTENCIAL OSMÓTICO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA 973

CRECIMIENTO DE CHILE CHILTEPÍN BAJO DIFERENTES POTENCIALES OSMÓTICOS DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA 976

APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE PASTIZALES NATURALES DEGRADADOS 979

EFECTO DEL MANEJO ORGÁNICO EN LA RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO 981

ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y EXPANSIÓN FOLIAR DEL CHILE SERRANO (*Capsicum annuum* L.) BAJO DISTINTOS NIVELES DE COMPACTACIÓN DEL SUELO 984

SECCIÓN 4. MANEJO AGRONÓMICO 987

CALIDAD Y RENDIMIENTO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) CHOCOLATE EN BOLSA DE CRECIMIENTO Y SUELO CON ACOLCHADO EN INVERNADERO 988

EFECTO DE LA DISTANCIA ENTRE HILERAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE ELOTE (*Zea mays* L.) EN COQUIMATLÁN, COLIMA 991

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR EN LA CALIDAD DE LA MASA DE TRES VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) 994

PROPUESTA DE UN MODELO DE CRECIMIENTO DE ARÚGULA CULTIVADO EN UNA FÁBRICA DE PLANTAS CON LUZ ARTIFICIAL 997

MANEJO NUTRIMENTAL Y HORMONAL EN LA FISIOLOGÍA, PRODUCCIÓN DE ÁRBOLES DE NOGAL PECANERO 1000

COMPORTAMIENTO DE LEGUMINOSAS DE COBERTURA EN UNA HUERTA DE NARANJA VALENCIA EN VERACRUZ 1003

EFECTIVIDAD DE HERBICIDAS PREEMERGENTES SOLOS Y EN MEZCLA EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L.) DEL SOCONUSCO, CHIAPAS 1006

CONTROL DE MALEZAS CON HERBICIDAS POSTEMERGENTES EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L.) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS 1009

HERBICIDAS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO PARA SIEMBRA CON LABRANZA MÍNIMA EN CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L.) EN CHIAPAS 1012

MALEZAS DEL CULTIVO DE MAÍZ DE TEMPORAL EN COMUNIDADES DE LA MONTAÑA DE GUERRERO, MÉXICO 1015

EFICIENCIA HÍDRICA DE PASTO FORRAJERO DE TEMPORAL EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL NORTE DE GUANAJUATO 1018

INCIDENCIA Y AFECTACIÓN DE LAS ENFERMEDADES VIRALES EN DOS CICLOS DE VALIDACIÓN DEL CHILE JALAPEÑO BAJO RIEGO EN QUINTANA ROO 1021

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PREEMERGENTES PARA EL CONTROL EFICAZ DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ 1024

INOCULACIÓN DE SEMILLA DE ARROZ CON *Trichoderma* sp. Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLANTA 1027

MONITOREO DE LA HUMEDAD DEL GRANO DE CAFÉ POR MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN UN PROCESO DE BENEFICIADO NATURAL 1030

LA INTERACCIÓN GENOTIPO – AMBIENTE DE MAÍZ EN EL VALLE DE TOLUCA 1033

DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE *Agave angustifolia* HAW. EN ETAPA DE VIVERO 1036

OPTIMIZACIÓN BAYESIANA APLICADA A LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN MÉXICO 1039

APLICACIÓN DE MELATONINA SOBRE EL ESTRÉS HÍDRICO EN PLANTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) 1042

DIGESTATO DE SARGAZO (*Sargassum spp.*) COMO ALTERNATIVA DE SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE *Citrullus lanatus* 1045

ÁCIDO ASCÓRBICO: BIOESTIMULANTE EN EL DESARROLLO INICIAL DE JITOMATE 1048

APLICACIÓN DE N-ACETIL CISTEÍNA PARA LA BIOESTIMULACIÓN DE PLÁNTULAS DE JITOMATE EN ALMÁCIGO 1051

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CACAO POR GRUPO GENÉTICO PARA LA OBTENCIÓN DE MOLÉCULAS PLATAFORMA 1054

EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PIRÓLISIS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCHAR DE CÁSCARA DE CACAO 1057

IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA NUEZ PECANERA PRODUCIDA EN DURANGO 1060

DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN RESPUESTA A LA DENSIDAD Y FECHA DE SIEMBRA..... 1063

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONTENIDO DE NUTRIENTES EN FRUTOS DE MANZANO GOLDEN GLORY MEDIANTE DOS MÉTODOS DE ANÁLISIS 1066

INTERACCIÓN FECHA DE SIEMBRA POR VARIEDAD EN LA BIOMASA SECA DE COMPONENTES DE PLANTA DE SOYA..... 1069

DINÁMICA DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN NOGAL PACANERO *(Carya illinoinensis* [Wangenh] K. Koch) EN LA REGIÓN CENTRO SUR DE CHIHUAHUA 1072

EFECTO DE LOS PORTAINJERTOS EN CALIDAD POSCOSECHA DE MANZANA “GOLDEN GLORY” 1075

PRÁCTICAS AGROBIOTECNOLÓGICAS PARA INCREMENTAR EL AMARRE DE FRUTO EN NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis*) 1078

EVALUACIÓN/VALIDACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICO- QUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE TEMPORAL, CICLO P-V 2024. 1081

EVALUACIÓN DE ABONO “BIOSÓLIDO” MÁS BIOFERTILIZANTE EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN YUCATÁN 1084

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA, EN ESPECIES FORRAJERAS EN TEMPORAL 1087

REDUCCIÓN DEL CRECIMIENTO, VIABILIDAD Y DAÑOS MORFOLÓGICOS PROVOCADOS POR ULTRASONIDO Y QUITOSANO A *Botrytis cinerea* 1090

EFECTO DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE TRIGO DE TEMPORAL EN LA REGIÓN DE JUCHITEPEC, ESTADO DE MÉXICO 1093

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE NUEVOS HÍBRIDOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN MANTE TAMAULIPAS 1096

CONTENIDO MINERAL DE GRANOS DE CACAO CULTIVADOS EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO 1099

VALORIZACIÓN DEL MANGO ATAULFO (*Mangifera indica* L.) DE DESCARTE COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPRODUCTOS ENERGÉTICOS 1102

BIOPROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE EXTRACTOS FENÓLICOS DE CARDO SANTO PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE SOYA 1105

EFECTO DE LAS CITOCININAS EN LA FLORACIÓN Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE MANGO CV. ATAULFO EN LA COSTA DE OAXACA.....1108

APROVECHAMIENTO DEL ACEITE DE MORINGA EN LA SÍNTESIS DE ÉSTERES METÍLICOS MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN HOMOGÉNEA 1111

DESARROLLO DE *Chrysanthemum morifolium* Ramat Var. Chena CON APLICACIONES FOLIARES DE TIDIAZURÓN 1114

BOSQUES ALEATORIOS Y OPTIMIZACIÓN BAYESIANA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VALORES ÓPTIMOS EN VARIABLES DE MANEJO AGRONÓMICO 1117

APLICACIÓN DE MICORRIZAS Y SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR 1120

INDUCCIÓN FLORAL EN LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia*) VARIEDAD ´LISE´.....1123

POTENCIAL AGRONÓMICO DE LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) TIPO MORELOS 1126

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) 1129

CAOLÍN ESTIMULA EL CRECIMIENTO Y LA BIOMASA DE PLANTAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) CULTIVADAS EN SUSTRATO.....1132

SEGMENTACIÓN Y ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO TEMPRANO DE VITROPLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES CAPTURADAS POR DRONES 1135

ENRIQUECIMIENTO DEL SUSTRATO CON DIATOMITA INCREMENTA EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL EJOTERO (*Phaseolus vulgaris*) CV. STRIKE 1138

CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) USANDO HERBICIDAS ORGÁNICOS.....1141

CONTROL QUÍMICO DE MALEZA DE HOJA ANCHA EN CANOLA (*Brassica napus* L.), EN EL NORTE DE TAMAULIPAS.....1144

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MICROVEGETALES Y SU IMPACTO EN LA BIOMASA.....1147

DETERMINACIÓN DE COMPONENTES DE LA PARED CELULAR EN *Brachiaria brizantha* BAJO CURVAS DE CRECIMIENTO EN VERANO Y OTOÑO 1150

BAGAZO DE AGAVE COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PEPINO (*Cucumis sativus*) 1153

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS PATÓGENOS EN SEMILLAS ALMACENADAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*).....1156

SECCIÓN 5. RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORAMIENTO 1159

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y ESTABILIDAD EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO DE SAN LUIS POTOSÍ.....1160

DESCRIPCIÓN DE TRES VARIEDADES MEJORADAS DE AJONJOLÍ: IGUALTECO, SAN JOAQUÍN Y ZIRÁNDARO 1163

CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) 1166

BIOMASA Y ASIGNACIÓN DE CARBOHIDRATOS EN SEMILLAS GERMINADAS DE *Phaseolus coccineus* L. y *P. vulgaris* L. DOMESTICADAS Y SILVESTRES 1169

ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO DE ACCESIONES CRIOLLAS DE CALABAZA EN EL ESTADO DE TLAXCALA.....1172

CARACTERIZACIÓN DE DESCRIPTORES VARIETALES EN COCOTERO (*Cocos nucifera* L.) EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN 1175

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.) 1178

“COUTIÑO V-570 A”, NUEVA VARIEDAD DE MAÍZ AMARILLO PARA REGIONES TROPICALES DE CHIAPAS.....1181

USO DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN SEMILLAS DE SARAMUYO (*Annona squamosa* L.) 1184

CARACTERIZACIÓN POR ÍNDICE DE ARIDEZ DE RAZAS DE MAÍZ EN EL ESTADO DE PUEBLA 1187

VARIEDADES DE AVENA (*Avena sativa* L.) DE TEMPORAL EVALUADAS ANTE CONDICIONES AMBIENTALES CONTRASTANTES 1189

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE TRIGO HARINERO DE TEMPORAL EN VALLES ALTOS DE MÉXICO 1192

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO EN VARIEDADES DE CEBADA MALTERA 1195

PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS DE CEBADA MALTERA.....1198

RESISTENCIA A LA ROYA DEL TALLO CAUSADA POR *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* EN LÍNEAS Y VARIEDADES DE AVENA 1201

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO TAIWÁN *Cenchrus purpureus (Schmach.)* Morrone EN CLIMA CÁLIDO DE MÉXICO 1204

CARACTERES AGRONÓMICOS DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE ARROZ EN ETAPA TEMPRANA, CAMPECHE, MÉXICO 1207

VIABILIDAD EN COLECTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) NATIVAS DE OAXACA DESPUÉS DE VEINTITRÉS AÑOS EN BANCO DE GERMOPLASMA 1210

HEREDABILIDAD Y VARIANZAS GENÉTICAS DE FAMILIAS DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES DE MAÍZ ADAPTADAS A VALLES ALTOS 1213

CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN GRANO Y OLOTE DE POBLACIONES DE MAÍZ MORADO Y SUS CRUZAS..... 1216

VALIDACIÓN DE “PITAHAYA M2024”, NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO..... 1219

VALORACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE JITOMATES NATIVOS (*Solanum lycopersicum* L.) CON SUS PROGENITORES 1221

RECURSO FITOGENÉTICO DE NOCHEBUENA CONSERVADA POR EL INIFAP 1224

BIOPROSPECCIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS MULTIRREINO EN EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL MAÍZ 1227

MATERIALES DE ARROZ CON RIEGO DE AUXILIO EN EL CICLO DE PRIMAVERA-VERANO 1230

H-77: HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ GRANO BLANCO PARA LA REGIÓN DE LOS VALLES ALTOS DEL CENTRO DE MÉXICO..... 1233

BETA-GLUCANOS Y SUS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS EN LA COLECCIÓN NACIONAL DE AVENA (*Avena sativa* L.) DEL INIFAP..... 1236

EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y SENSORIAL EN FRUTOS DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn)..... 1239

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD INDUSTRIAL DE VARIEDADES DE TRIGO GALLETERO EN MÉXICO CON ÉNFASIS EN GRATA S2022 1242

SELECCIÓN DE MESTIZOS (LÍNEA × PROBADOR) DE MAÍZ MEDIANTE EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES 1245

VALIDACIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE SOYA TROPICALES..... 1248

VARIEDADES NATIVAS DE *Phaseolus coccineus* L. ORIGINADAS DE REBROTES DE RAÍZ Y CON FLORACIÓN TEMPRANA..... 1251

ACCESIONES DE *Phaseolus vulgaris* L. CON FUNCIONALIDAD BIOQUÍMICA DE INTERÉS NUTRACÉUTICO 1254

COMPUESTOS CAROTENOIDES, FENÓLICOS Y CAPSAICINOIDES DE DIFERENTES ECOTIPOS DE CHILE NATIVOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN 1257

VALIDACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO DURO EN LA REGIÓN SUR DEL ESTADO DE SONORA 1260

ORDEN DE CRUZA EN LA PRODUCTIVIDAD DE HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ EN LOS VALLES ALTOS DE MÉXICO 1262

EXPRESIÓN DE LA HETEROSIS EN EL RENDIMIENTO DE PROGENIES DE CRUZAS DE CHILE GUAJILLO POR PUYA Y ÁRBOL..... 1265

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FIBRA DE CINCO VARIEDADES CONVENCIONAL Y TRES LÍNEAS DE ALGODÓN EN LAS REGIONES DE DELICIAS Y LA LAGUNA 1268

CALIDAD DE FIBRA EN GENOTIPOS DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) NATIVOS 1271

POTENCIAL GENÉTICO DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MAÍZ EN DOS AMBIENTES DEL NORTE TAMAULIPAS 1274

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE NUEVAS VARIEDADES DE JAMAICA CULTIVADAS EN GUERRERO 1277

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES DE *Agave* DEL ESTADO DE OAXACA .. 1280

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES Y COMERCIALES DE MAÍZ DE GRANO BLANCO Y AMARILLO EN NUEVO LEÓN 1283

INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE Y ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE *Chenopodium quinoa* WILLD. EN LOS VALLES ALTOS 1286

SHINYGxE: ALTERNATIVA INTUITIVA PARA ANÁLISIS DE RELACIÓN GENOTIPO AMBIENTE ... 1289

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE COLIMA 1292

RESPUESTA DE VARIEDADES DE TRIGO DE TEMPORAL EN LA REGIÓN DE JUCHITEPEC, ESTADO DE MÉXICO 1295

“H569”, NUEVO HÍBRIDO DE MAÍZ BLANCO PARA REGIONES TROPICALES DE CHIAPAS 1298

FENOTIPADO DE MAZORCAS Y GRANOS DE MAÍCES NATIVOS DE LAS REGIONES NORTE, MONTAÑA Y CENTRO DEL ESTADO DE GUERRERO 1301

ÓNIX, NUEVA VARIEDAD DE AVENA (*Avena sativa* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y FORRAJE EN SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO 1304

SELECCIÓN DE CRUZAS INTERVARIETALES DE MAÍZ CON GRANO Y OLOTE MORADO 1307

FORMACIÓN E INTEGRACIÓN AL PROCESO DE MEJORAMIENTO DE UNA POBLACIÓN DE MAÍZ SUBTROPICAL RESISTENTE AL ACAME 1310

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE JITOMATE BAJO INVERNADERO 1313

PLASTICIDAD METABÓLICA DE *Arabidopsis thaliana* BAJO ESTRÉS POR DEFICIENCIA DE NITRÓGENO 1316

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SEMILLAS DE FRIJOLES NATIVOS DE LA REGIÓN TIERRA CALIENTE, ESTADO DE GUERRERO 1319

RECOLECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES DE *Amaranthus* EN MÉXICO .. 1322

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa)* POR RENDIMIENTO DE GRANO DE DIFERENTE TAMAÑO 1325

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE *Amaranthus* spp. POR SU RESPUESTA A *Thecaphora amaranthi* 1328

CINCO CICLOS DE SELECCIÓN RECURRENTE EN UNA POBLACIÓN ANDROESTÉRIL DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) EVALUADOS BAJO ESTRÉS HÍDRICO 1331

EXPRESIÓN FENOTÍPICA EN F1 Y F2 DE *Heliconia uxpanapensis* Gutiérrez Báez x *Heliconia latispatha* Benth 1334

AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE POBLACIONES F_2 DE CHILE JALAPEÑO: PARÁMETROS GENÉTICOS Y CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO 1337

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE TRES VARIANTES SILVESTRES Y TRES VARIANTES DOMESTICADAS DEL GÉNERO *Opuntia* 1340

INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE Y ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE FRIJOL PINTO EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA DE MÉXICO 1343

GERMOPLASMA DE MAÍZ NATIVO, UNA ALTERNATIVA PARA HACER FRENTE A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN VALLES ALTOS 1346

GERMINACIÓN Y BIOMASA DE PLÁNTULA DE MATERIALES NATIVOS DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO ESTRÉS POR SALINIDAD 1349

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE ECOTIPOS DE CIRUELA DE GUERRERO, MÉXICO 1352

COLECTA Y CARACTERIZACIÓN DE ILAMA (*Annona diversifolia* Saf.) EN GUERRERO 1355

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE ACCESIONES DE ALGODÓN *Gossypium hirsutum* 1358

MÉTODO SENCILLO PARA EL FENOTIPADO Y ANÁLISIS MASIVO DE SEMILLAS 1361

ESCÁRCEGA FL24: VARIEDAD DE ARROZ PARA EL SURESTE MEXICANO 1364

EVALUACIÓN DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE SWITCHGRASS (*Panicum virgatum* L.) PARA DESARROLLAR VARIEDADES PRODUCTORAS DE BIOMASA CON FINES BIOENERGÉTICOS 1367

CARACTERIZACIÓN DE ATRIBUTOS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS DE DOS RAZAS DE MAÍZ NATIVO DE SAN LUIS POTOSÍ TOLERANTES A SALINIDAD 1370

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LÍNEAS RECOMBINANTES DE GARBANZO (*Cicer arietinum*) EN LA ZONA CENTRO DE SINALOA 1373

DIVERSIDAD DE LAS ACCESIONES DE *Laelia anceps* Lindl DEL S.E. TEOCELO Y SUS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS 1376

RENDIMIENTO POTENCIAL DE MAÍCES HÍBRIDOS AMARILLOS EXPERIMENTALES EN SOLEDAD DE GRACIANO SÁNCHEZ 1379

LÍNEA DE CAFÉ *Coffea arabica* L. INIFAP-9000-9036: GENOTIPO CON POTENCIAL PARA LIBERARSE COMO VARIEDAD CONFORME A RESULTADOS PRELIMINARES 1382

SECCIÓN 6. SANIDAD VEGETAL 1385

EFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS BOTÁNICOS SOBRE EL AGENTE CAUSAL DE LA ANTRACNOSIS EN LIMÓN PERSA 1389

EFICIENCIA DE TRAMPAS PARA EL CONTROL ETOLÓGICO DE *Rhynchophorus palmarum* L. EN PALMA DE COCO (*Cocos nucifera* L.) 1392

USO DEL COADYUVANTE NO IÓNICO EN LA APLICACIÓN DEL HERBICIDA PROSULFURÓN SOBRE LA MALEZA POLOCOTE (Helianthus annuus L.) 1395

USO DE HERBICIDAS Y CUBIERTAS PLÁSTICAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN NARANJA DULCE EN PRODUCCIÓN 1398

USO DE HERBICIDAS Y CUBIERTAS PLÁSTICAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN NARANJA DULCE EN DESARROLLO. 1401

EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS POST EMERGENTES PARA EL CONTROL DE POLOCOTE (*Helianthus annuus* L.) 1404

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) 1407

POTENCIAL GERMINATIVO DEL ZACATE CAÑITA (*S. bicolor* (L.) MOENCH SUBSP. *DRUMMONDII*)] MALEZA DEL NORTE DE TAMAULIPAS 1410

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA SUSCEPTIBILIDAD A INSECTICIDAS EN *Diaphorina citri* BAJO DOS ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN 1413

Agave lechuguilla Y *Flourensia cernua* Y SU ACTIVIDAD ALELOPÁTICA DE EN LA INHIBICIÓN DE SEMILLAS DE *Zea mays* Y *Phaseolus vulgaris* 1416

RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA DE MALEZAS Y LA DIVERSIDAD DE ENEMIGOS NATURALES EN HUERTAS DE CÍTRICOS ORGÁNICOS 1419

EVOLUCIÓN DE RAZAS DE *Puccinia striiformis* W. QUE AFECTAN AL CULTIVO DEL TRITICALE EN MÉXICO 1422

DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS ASOCIADOS CON Candidatus *Liberibacter solanacearum* EN Physalis *ixocarpa* BROT. 1425

PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES DE HORTALIZAS AGROECOLÓGICAS ACERCA DE LOS PROBLEMAS FITOSANITARIOS QUE PRESENTAN, ÁREA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO 1428

EFECTIVIDAD DE BIOHERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN FRUTALES TROPICALES 1431

CARGA BACTERIANA EN LA SUPERFICIE DEL MELÓN (*Cucumis melo* L.) 1434

EVALUACIÓN *in vitro* INHIBICIÓN DE AISLAMIENTOS DE *Trichoderma* ENDÓFITOS NATIVOS DE MORELOS 1437

VALIDACIÓN DEL USO DE FOSFITO DE POTASIO PARA RECUPERACIÓN DE PLANTACIONES DE FRESA ESTABLECIDAS EN SUELOS INFESTADOS POR MICROORGANISMOS CAUSANTES DE "SECADERA DE PLANTAS" 1440

SUPRESIÓN CON BIOPLAGUICIDAS DE LARVAS DE INSECTOS "DESCARNADORES DEL FRUTO" DE AGUACATE EN MICHOACÁN, MÉXICO 1443

EVALUACIÓN DEL EFECTO PROMOTOR DE CRECIMIENTO DE *Streptomyces* sp. 11AC Y SU INHIBICIÓN SOBRE *Sclerotium rolfsii* EN PLANTAS DE CHILE 1446

EVALUACIÓN DEL QUITOSANO Y LAMINARINA DURANTE LA ETAPA DE PRECOSECHA EN EL CULTIVO DE FRESA 1449

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO OCASIONADO POR INSECTOS "DESCARNADORES DEL FRUTO" DE AGUACATE EN MICHOACÁN, MÉXICO 1452

PRESENCIA DE *Diplotaxis angustula* (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EN EL SUELO DE CULTIVOS DE SOYA EN CHIAPAS, MÉXICO 1455

EVALUACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS, BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN CEBADA 1458

FUNGICIDAS PARA EL MANEJO DEL TIZÓN DE LA ESPIGA (FUSARIOSIS) EN TRIGO HARINERO 1461

ÉPOCA DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DEL TIZÓN DE LA ESPIGA EN TRIGO HARINERO 1464

REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (*TILLETIA INDICA* MITRA) DE VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO DURANTE EL CICLO 2023-2024 1467

EVALUACIÓN DE VIVEROS TRAMPA PARA ENFERMEDADES DE LA CEBADA: UNA ESTRATEGIA PARA SU ESTUDIO 1470

EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD EN VIRULENCIA DE *Phytophthora cinnamomi* EN HOJAS DE *Nicotiana benthamiana* 1473

EXPRESIÓN DE GENES TRANSPORTADORES DE AZÚCARES EN LA INTERACCIÓN PLANTA–NEMATODO–HONGO ENDÓFITO 1476

EFECTIVIDAD DEL EXTRACTO DE NEEM Y CANELA EN LA MORTALIDAD DE ADULTOS DE *Diaphorina citri* 1479

EVALUACIÓN DEL TIPO DE BOQUILLA EN EL CONTROL DEL TIZÓN DE LA ESPIGA EN TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) 1482

INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE AISLAMIENTOS SEVEROS DEL *Citrus tristeza VIRUS* (CTV) EN VERACRUZ Y PENÍNSULA DE YUCATÁN 1485

INSECTICIDAS BIORRACIONALES PARA EL MANEJO DE *Diaphorina citri* EN LIMÓN MEXICANO 1488

ANÁLISIS FILOGENÉTICO DEL *CITRUS TRISTEZA VIRUS* (CTV) MEDIANTE LA REGIÓN ORF1A EN AISLAMIENTOS DE MÉXICO 1491

NIVEL DE RIESGO DEL *CITRUS TRISTEZA VIRUS* (CTV) EN CAMPECHE Y YUCATÁN 1494

INFESTACIÓN NATURAL DE *Spodoptera frugiperda* DURANTE EL DESARROLLO FENOLÓGICO DE GENOTIPOS DE SORGOS FORRAJEROS Y MIJO PERLA (*Cenchrus americanus*)..... 1497

PROCARIOTES ASOCIADAS CON EL TIZÓN FOLIAR EN *Dieffenbachia seguine*..... 1500

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE *Debaryomyces hansenii* PARA EL CONTROL DE HONGOS MICOTOXIGÉNICOS PRESENTES EN GRANOS DE MAÍZ 1502

EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS FRENTE AL DESARROLLO DE ANTRACNOSIS Y CALIDAD POSCOSECHA EN FRUTOS DE MANGO CV. `TOMMY ATKINS´ 1505

IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO DE ÁRBOLES MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO E IMÁGENES DE MUY ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL 1508

RELACIÓN ENTRE PROPIEDADES EDÁFICAS Y ACTINOMICETOS EN SUELOS DE MAÍZ CRIOLLO (*Zea mays* L.) EN LA REGIÓN DEL TOTONACAPAN, VERACRUZ 1511

ESPECIES DE *Botrytis* ASOCIADAS A LA MANCHA CHOCOLATE EN HABA (*Vicia faba* L.) EN LOS VALLES ALTOS DE MÉXICO 1514

SECCIÓN 7. SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA 1517

RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE TRAMPAS PARA EL CONTROL DE *Rhynchophorus palmarum* L. EN PALMA DE COCO (*Cocos nucifera* L.)..... 1518

RESPUESTAS ADAPTATIVAS DE PRODUCTORES DE MAÍZ DE TEMPORAL AL CAMBIO CLIMÁTICO EN HUAMANTLA, TLAXCALA 1521

LA ESTACIONALIDAD DE LOS PRECIOS MENSUALES DEL AZÚCAR ESTÁNDAR MEXICANA AL CONSUMIDOR, 1994 - 2023..... 1524

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN EL NORTE DE TAMAULIPAS..... 1527

UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO UNITARIO DE LA PLANTA DE SOYA 1529

ESTUDIO SOBRE ADOPCIÓN DE INNOVACIONES INIFAP EN EL CULTIVO DE NARANJA EN SAN LUIS POTOSÍ..... 1532

ANÁLISIS DE LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA EN MAÍZ EN LA REGIÓN SUR SURESTE DE MÉXICO..... 1535

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR GRADOS DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA AGRÍCOLA 1538

INGRESO NETO Y PRODUCTIVIDAD EN EL CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO 1541

MOTIVACIONES DE ADOPCIÓN AJUSTE DE SIEMBRA PARA REDUCIR EL DAÑO DE LA ROYA ASIÁTICA EN SOYA EN LA REGIÓN HUASTECA..... 1544

UBICACIÓN ESTRATÉGICA DE PLANTAS AGROINDUSTRIALES EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC CON CRITERIOS DE INCLUSIÓN PRODUCTIVA 1547

RED DE COMUNICACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE NARANJA Y TRIGO EN LA REGIÓN CENTRO DE NUEVO LEÓN 1550

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES Y EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DE TEMPORAL EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO 1553

PRONÓSTICO DE PRECIOS DEL MELÓN CANTALOUPE (*Cucumis melo* L.) CON UN MODELO ARIMA ESTACIONAL 1556

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AGRÍCOLA DE MAÍZ EN LA SIERRA DEL MUNICIPIO DE CONCORDIA, SINALOA 1559

IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS PARA EL MONITOREO DE SUPERFICIES QUEMADAS EN LA REGIÓN CAÑERA NORESTE DURANTE LA ZAFRA 2023-2024 1562

PRODUCCIÓN DE AGAVE Y MEZCAL EN EL ESTADO DE OAXACA 1565

CONTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN FAMILIAR A LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA Y A LA SUSTENTABILIDAD 1568

SABERES CAMPESINOS DEL SISTEMA ALIMENTARIO TRADICIONAL DEL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO 1571

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DEL AGROECOSISTEMA MAÍZ DE LA COMUNIDAD DE BACABCHEN, CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO 1574

MODELO CANVAS APLICABLE A UNA IDEA DE NEGOCIO EN EL SECTOR RURAL DE TEXCALTITLA TAXCO DE ALARCÓN, GUERRERO 1577

MERCADOS ALTERNATIVOS COMO CANALES DE COMERCIALIZACIÓN PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES 1580

EVALUACIÓN DE COSTOS Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO BAJO DIFERENTES COMPONENTES TECNOLÓGICOS VALIDADOS EN SIEMBRAS DE OTOÑO-INVIERNO EN QUINTANA ROO 1583

VINCULACIÓN AL MERCADO Y COMPETITIVIDAD, EL CASO DE UNIDADES ECONÓMICAS PRODUCTORAS DE JITOMATE DE SAN JERÓNIMO TAVICHE, OAXACA 1586

EL NOPAL VERDURA, UNA EXPLORACIÓN EN LA COMERCIALIZACIÓN 1589

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO (*Sorghum* spp.) EN IRAPUATO Y SALAMANCA, GUANAJUATO: UN ANÁLISIS POR RÉGIMEN DE HUMEDAD 1592

COSTO MARGINAL DE LA VARIEDAD DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) MARAVILLA DEL INIFAP EN EL ESTADO DE HIDALGO: APROXIMACIÓN A UNA EVIDENCIA EMPÍRICA 1595

SECCIÓN 1

Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático



“NIEVE TARDÍA” / *Carlos Miguel Ramos Cruz*

SISTEMA MAÍZ-CANAVALIA-CRATYLIA: UNA ALTERNATIVA PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DEGRADADOS

Walter López Báez[1]*, Robertony Camas Gómez

[1]Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP
*Autor para correspondencia: lopez.walter@inifap.gob.mx

Palabras clave: Recarbonización, leguminosas, sustentabilidad.

Introducción

La productividad y rentabilidad del cultivo de maíz en las principales zonas productoras de Chiapas, está limitada por la degradación de los suelos, los cuales presentan problemas de compactación, acidez, erosión hídrica, bajos contenidos de materia orgánica y baja capacidad para conservar humedad. Entre las principales causas de estos problemas sobresalen, el laboreo intensivo de los suelos con arado y rastra de discos, el monocultivo, la remoción de los residuos de cosecha por pastoreo y quema, y la no restitución de los nutrientes extraídos por las cosechas (Pulleman *et al*., 2008; López *et al*., 2019). Bajo estas condiciones los rendimientos de maíz oscilan entre 1.8 y 3.5 ton ha^{-1} con retornos económicos bajos para los productores. Se requieren soluciones productivas sustentables para la recuperar y mantener la capacidad productiva de los suelos, elevando los niveles de materia orgánica del suelo y aplicando los principios de la agricultura de conservación.

Objetivo

Proponer un sistema tecnológico para la restauración de los suelos degradados, sustentado en los aportes de biomasa proveniente de los residuos de cosecha del maíz y leguminosas asociadas.

Materiales y métodos

El sistema tecnológico es el resultado de un experimento realizado durante el período 2018-2024 en el Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP (16° 46’ N, -93° 26’ O) en Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas a una altitud de 800 m y con clima cálido sub-húmedo con precipitación promedio anual de 858 mm y alto riesgo de presencia de sequía intraestival. El suelo presenta baja fertilidad evidenciado po tener 72% de arena, 1.4% de materia orgánica, pH de 5.7, capacidad de intercambio catiónico de 4.0 meq 100 g^{-1} de suelo, bajo contenido de bases (Ca, Mg y K) y de Boro. En estas condiciones se evaluaron durante 6 años, los efectos de diferentes sistemas de producción de maíz, sobre el rendimiento de grano, propiedades de los suelos, supresión de malezas y eficiencia agronómica en el uso del nitrógeno, de los cuales, los análisis de los datos (estadísticos, agronómicos y económicos), determinaron que el sistema maíz intercalado con las leguminosas *Canavalia ensiformis* y *Cratylia argéntea* (Desvaux) O. Kuntze, es el más promisorio en comparación con el tradicional monocultivo de maíz practicado por la mayoría de los productores; estos resultados fueron documentados por López y Rodríguez (2022) y López (2024).

Resultados y discusión

El sistema tecnológico consiste en sembrar maíz combinando los principios de Agricultura de Conservación (AC) con la siembra de las leguminosas *Canavalia* y *Cratylia*. La *Canavalia*, es una planta herbácea que se utiliza como cultivo de cobertura, se siembra anualmente (a los 20-25 días después de la siembra del maíz) intercalada entre los surcos del maíz y los residuos de ambos se dejan cada año sobre el suelo. La *Cratylia* es un arbusto perenne adaptado a zonas con sequía y suelos de baja fertilidad, se siembra una sola vez en callejones (4 m entre surcos y 0.5 m entre plantas), cada año se poda al ras del suelo, antes de la siembra del maíz y los residuos se conservan sobre el suelo. El suelo no se laborea, por el contrario, se mantiene cubierto con los residuos; y después de que el maíz se cosecha, las leguminosas, lo mantienen verde durante la época de estiaje, a la vez, que lo abonan (Figura 1). Cada año, en promedio, se dejan sobre el suelo 16.3 ton ha-1 de materia seca proveniente de los rastrojos de maíz y las leguminosas. Los beneficios de la tecnología se evaluaron sin y con la aplicación de fertilizantes químicos, este último con un formula NPK de 180-69-105 kg ha^{-1}.

En la Figura 2, se muestran los rendimientos de grano de maíz del sistema Maíz-Canavalia-Cratylia en comparación con el tratamiento testigo del productor. Se observa que, bajo los dos escenarios de fertilización, a partir del segundo año, se empiezan a obtener mayores rendimientos con el sistema maíz

leguminosas, con una tendencia creciente, pero también variable debido al comportamiento de la precipitación de cada año. Los incrementos anuales de rendimiento del sistema Maíz-Canavalia-Cratylia en comparación con el testigo del productor cuando se fertilizó, fueron de 3,522, 2,125, 3,506 y 2,539 kg ha^{-1} para los años 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente; mientras que sin fertilización fueron de 2,433, 2,925, 3,501 y 2,633 kg ha^{-1}. Aunque estos incrementos son parecidos en los dos casos, son más significativos en el tratamiento sin fertilizar debido al bajo nivel de rendimiento en el testigo originado por la baja capacidad productiva del suelo donde se estableció el experimento; en cierta manera, esto explica por qué todos los productores que cultivan maíz comercial en suelos degradados son altamente dependientes de la aplicación de fertilizantes.

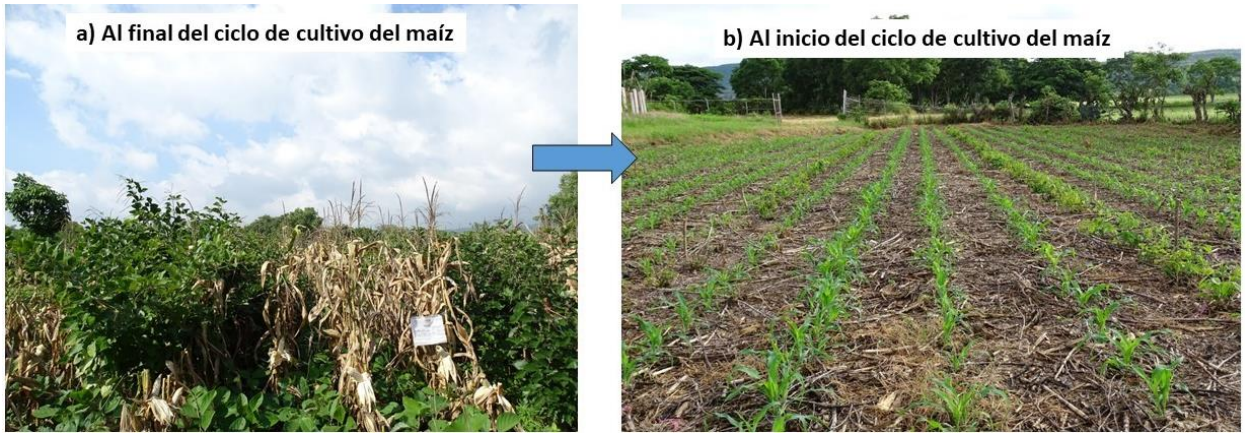


Figura 1. Sistema Maíz-Canavalia-Cratylia al final (a) y al inicio (b) del ciclo de cultivo de maíz.

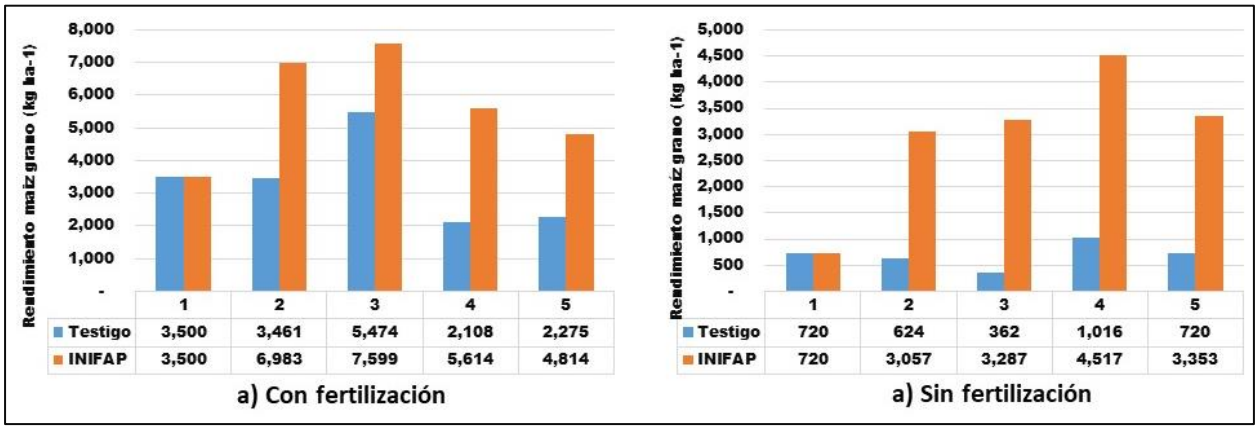


Figura 2. Rendimiento del sistema Maíz-Canavalia-Cratylia y del testigo.

La eficiencia agronómica del nitrógeno (Snyder, 2009) mejoró significativamente; en un año con buena precipitación, en el sistema Maíz-Canavalia-Cratylia un kg de nitrógeno aplicado produce 34 kg de grano y en el tratamiento testigo sólo 18 kg de grano; Mientras que, en un año con sequía, estos valores son de 25.1 y 6 kg de grano respectivamente. Se asume que la combinación del rastrojo del maíz con los residuos de las leguminosas Canavalia y Cratylia, además de cubrir la demanda de nitrógeno del cultivo y la de los microorganismos que participan en la descomposición del rastrojo, se logra una mayor eficiencia del uso del nitrógeno por las plantas por la conservación de humedad y otros efectos benéficos (Nichols *et. al*., 2015; Holmann *et al*., 2002).

Al incrementar cada año la densidad de cobertura sobre el suelo, gradualmente se fue dificultando la emergencia de las malezas, de tal manera, que en el año 5 solo había presencia de malezas en solo el 10% de la superficie.

En el año 5, la densidad aparente a la profundidad de 0-10 cm en los dos escenarios de fertilización, fue menor en el sistema Maíz-Canavalia-Cratylia con un promedio de 1.56 g cm^{3-1} en comparación con el

tratamiento testigo del productor con 1.72 g cm^{3-1}; lo cual contribuyó a que el suelo tuviera una mayor porosidad y, en consecuencia, mayor capacidad de retener humedad. Al tercer año, en el sistema Maíz-Canavalia-Cratylia a la profundidad de 0-15 cm, el contenido de carbono orgánico fue de 1.44 y 1.43% para las condiciones de con y sin fertilización; mientras que para el testigo fue de 1.35 y 1.26% respectivamente. El sistema Maíz-Canavalia-Cratylia es una tecnología rentable (Figura 3), ya que en un período de 5 años alcanza una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 24 y 23% para las condiciones con y sin fertilización; la cual es superior a la Tasa de Interés Interbancaria del 11% del Banco de México en 2024.

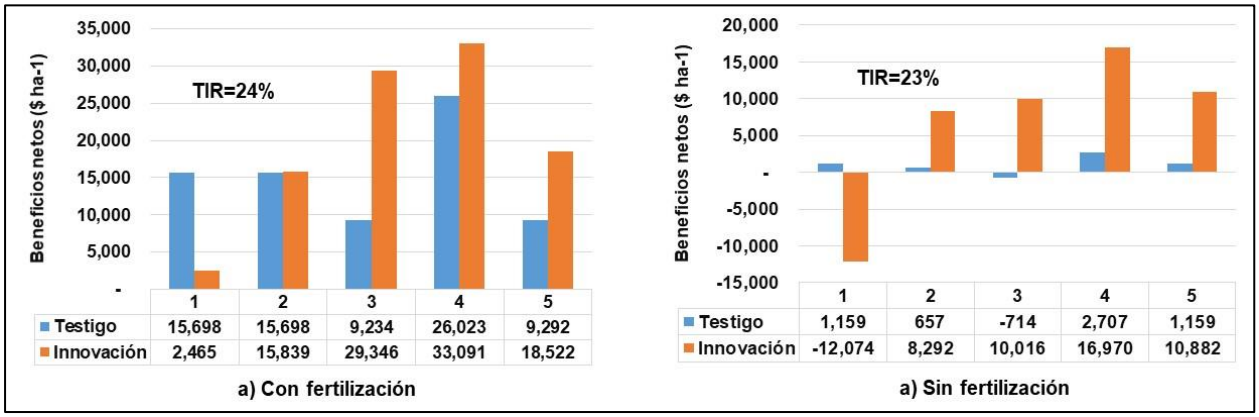


Figura 3. Rendimiento del sistema Maíz-Canavalia-Cratylia

Conclusiones

El sistema Maíz-Canavalia-Cratylia es una alternativa para la restauración de suelos agrícolas degradados debido a que mejora gradualmente la productividad y rentabilidad del maíz, la eficiencia de la fertilización nitrogenada, el almacenamiento de carbono, la biología del suelo, la supresión de malezas y el contenido de humedad en el suelo. Por sus múltiples beneficios, tiene un alto potencial como estrategia de mitigación del cambio climático.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a The Nature Conservancy por el apoyo económico para la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

Holmann, S. F., Lascano, A. C., & Plazas, B. C. (2002). Evaluación ex-ante de *Cratylia argentea* en sistemas de producción de doble propósito en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. Pasturas Tropicales, 24, 2–11. http://tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/pages/view/ Pasturas.

López B. W., Reynoso S. R., López M. Jaime, Villar S. B., Camas G. R., García S. J. O. 2019. Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 10, núm. 4. 897-910.

Pulleman, M., Hellin, J., Flores, V. D. y López, B. W. 2008. Calidad del suelo y rentabilidad de la finca: una situación en la que todos ganan. Leisa Magazine. 24(2):6-8.

Nichols V., Verhulst N., Cox R., Govaerts B. 2015 Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. Field Crops Research 183:56-68.

Snyder C. S. 2009. Eficiencia del uso de nitrógeno: desafíos mundiales, tendencias futuras. En: memoria del Simposio “Uso eficiente de nutrientes” presentado por el IPNI, en el Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. Pp. 11-19.

López B. W., Rodríguez E. B. 2022. Efecto de la cobertura del suelo por los residuos generados en diferentes sistemas de producción de maíz. Artículo extenso en Memoria de la XII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Villahermosa. Tabasco, 9 - 12 de noviembre de 2022. Pp. 30-33.

López B. W. 2024. Efecto acumulado de los residuos de cosecha sobre la productividad del maíz, control de malezas y propiedades del suelo. Artículo extenso en Memoria de la XIII Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Aguascalientes, 23-26 de octubre de 2024. Pp. 26-28.

FECHA ÓPTIMA DE SIEMBRA, UNIDADES CALOR Y PROBABILIDAD DE HELADAS EN SORGO DE RIEGO DEL NORTE DE TAMAULIPAS CICLO O-I

Jorge Elizondo-Barrón[1]*, Ulises Aranda-Lara[2], Héctor Williams-Alanís[3]

[1]Campo Experimental Río Bravo, INIFAP, [2]Campo Experimental Bajío, INIFAP, [3]Ex Investigador del Campo Experimental Río Bravo, INIFAP
*Autor para correspondencia: elizondo.jorge@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, riesgo temperaturas congelantes.

Introducción

En el periodo 2021-2023 (SIAP, 2024), en México el sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], se sembró en un promedio anual de 1,449,886 ha, con una producción de 4,649,651 t; de la cual la mayor superficie, 938,189 ha y volumen de producción 2,504,354 t, se obtuvo en el ciclo Otoño Invierno (OI). El Estado de Tamaulipas en el mismo periodo sembró un promedio anual de 858,594 ha (59 % del total nacional), de las cuales 790,567 ha (92 %) se sembraron en el ciclo OI. En este ciclo la temperatura es un factor importante en la fecha de siembra ya que, si el sorgo se siembra demasiado temprano, sufre temperaturas bajas del invierno y si la siembra es muy tardía, se expone a altas temperaturas en la etapa de llenado de grano, lo que aumenta su tasa respiratoria y reduce su rendimiento de grano. Herrera y Betancourt (1981), basados en un estudio de fechas de siembra de sorgo realizado en Río Bravo, Tamaulipas, obtuvieron como periodo óptimo de siembra del 01 de febrero al 15 de marzo. Con el fin de mitigar los efectos producidos por el cambio climático (bajas y altas temperaturas, plagas e incidencia de enfermedades), el objetivo del presente estudio fue determinar la época óptima de siembra de sorgo en condiciones de riego, en el norte de Tamaulipas, así como las unidades calor y la probabilidad de heladas durante el ciclo OI.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Campo Experimental Río Bravo INIFAP, localizado a los 25° 57' 54" LN / 98° 01' 03" LO, en OI 2022/2023 y OI 2023/2024. En suelo calcisol cámbico, con pendiente de 0.04 %, pobre en materia orgánica, fertilidad media y pH superior a 7.5, altitud 50 msnm; 669.7 mm de precipitación y temperatura media anual de 23.8 °C. En cada ciclo agrícola se evaluaron nueve fechas de siembra (01 Dic., 16 Dic., 01 Ene., 16 Ene., 01 Feb., 16 Feb., 01 Mar., 16 Mar., 01 Abr.). En cada fecha se evaluó cinco genotipos (tres de ciclo precoz: RB-Norteño, P83G19 y DKS 821; y dos de ciclo intermedio: RB-Williams y ADV-G3247). Para establecer cada fecha de siembra, se aplicó riego presiembra, con una lámina de 15 cm; más un riego de auxilio (en estado reproductivo), con una lámina de 12 cm. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, con un arreglo de parcelas subdivididas; se consideró como Factor 1, los años (2); Factor 2, las fechas de siembra (9); Factor 3, los genotipos (5). La densidad de población fue de 250,000 plantas por ha. La parcela experimental fue de tres surcos de 5 m de largo y 0.8 m de separación. La parcela útil fue un surco central de 3 m de largo. Para el manejo del cultivo se utilizó el paquete tecnológico recomendado por el INIFAP. Los datos de las variables medidas (rendimiento de grano, días a inicio de floración, días a madurez fisiológica, altura de planta, longitud de excersión, longitud de panoja), se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute 2016). Se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey al 5%. La temperatura máxima y mínima de cada día fueron obtenidos de Weslaco, Lower Rio Grande Valley, Texas Daily Weather Summaries. Las unidades calor fueron calculadas con la fórmula: U.C.= [(Tmax + Tmin)/2] – Tbase (Shen *et al.*, 2023). En donde Tmax y Tmín son la temperatura máxima y mínima diaria; Tbase = 10 °C, es la temperatura fisiológica base del sorgo (Sindhu *et al.*, 2024). La probabilidad de ocurrencia de temperaturas iguales o menores a cero centígrados en los meses de diciembre a marzo se calculó del periodo 2014-2024.

Resultados y discusión

En el experimento realizado en OI 2022/2023, se presentaron temperaturas de -2.8 y -0.6 °C, los días 23 y 24 de diciembre 2022, respectivamente, las cuales afectaron el rendimiento de las fechas de siembra del 01 de diciembre y 16 de diciembre por lo que el rendimiento de estas dos fechas de siembra fue estadísticamente menor ($P \leq 0.01$), al del resto de las fechas de siembra evaluadas. En la evaluación realizada en OI 2023/2024, se presentaron temperaturas de -6, -2.8 y -1.9 °C, los días 16, 17 y 18 de enero 2024, respectivamente que siniestraron por completo las fechas de siembra del 01 de diciembre y 16 de

diciembre 2023. Por lo anterior, únicamente se analizaron los resultados de las siete fechas de siembra restantes, comprendidas entre el 01 de enero y el 01 de abril de 2023 y 2024.
En el análisis de varianza para rendimiento se observó que el valor de F fue altamente significativo (F≤0.01) para, año, fecha y genotipo; así como para la interacción año x fecha y año x genotipo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza de rendimiento de grano de cinco genotipos de sorgo, en siete fechas de siembra, bajo riego, en Río Bravo, Tamaulipas, O-I 2022-2023 y O-I 2023/2024.

Fuente de variación	GL	Cuadrado de la media	Valor de F
Repetición	2	1989786.7	8.10
Año	1	9874039.3	40.20**
Repetición*Año	2	508210.7	2.07
Fecha	6	21373782.8	87.03**
Año*Fecha	6	2117442.9	8.62**
Repetición*Fecha(Año)	24	389393.2	1.59
Genotipo	4	10024034.6	40.81**
Año*Genotipo	4	2382265.1	9.70**
Fecha*Genotipo	24	1041761.7	4.24
Año*Fecha*Genotipo	24	370213.9	1.51

** Diferencia estadística significativa (Tukey; P ≤ 0.01); R^2 = 0.9; C.V.= 9.3; Rendto. promedio = 5.29 t ha^{-1}

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias de rendimiento de grano; las fechas de siembra con mayor rendimiento de grano son las comprendidas entre el 01 de enero y el 16 de febrero [las cuatro fechas comprendidas en este periodo fueron estadísticamente similares (P ≤ 0.01), excepto la fecha del 01 de febrero que fue estadísticamente superior al resto de las fechas, con 6.275 t ha^{-1}].

Cuadro 2. Comparación de medias del rendimiento de grano (t ha^{-1}) y otras variables de 5 genotipos de sorgo en 7 fechas de siembra bajo riego en Río Bravo, Tamaulipas, OI 2022-2023 y OI 2023/2024.

Fecha siembra	Rendimiento t ha^{-1}	Días Inicio flor	Días madurez	Altura planta (cm)	Excersión (cm)	Longitud de panoja (cm)
01 Feb (3)	6.275 a	71.8 c	119.5 b	131.6 b	13.6 cd	26.9 ab
16 Ene (2)	5.868 b	79.9 b	130.1 a	133.4 b	19.3 ab	26.7 ab
01 Ene (1)	5.641 bc	86.5 a	135.9 a	132.4 b	20.7 a	24.9 b
16 Feb (4)	5.545 bc	63.7 d	111.2 c	136.8 ab	16.7 bc	27.4 a
01 Mar (5)	5.371 c	61.2 e	106.2 cd	123.5 c	12.3 d	26.6 ab
16 Mar (6)	4.574 d	57.9 f	99.4 de	143.1 a	14.2 cd	26.9 ab
01 Abr (7)	3.784 e	56.5 g	92.8 e	131.7 bc	8.1 e	25.3 ab

Literales diferentes en la columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey; P ≤ 0.01).

En el periodo óptimo de siembra identificado (01 de enero-16 de febrero), se observa que con el aumento de la temperatura ambiental (temperatura promedio en enero 18.3 °C; en febrero 20.4 °C; en marzo 23 °C; en abril 24.6 °C; en mayo 28.7 °C; en junio 31.2 °C), se acumularon las unidades calor (1631.2 para fecha de 01 enero, 1706.7 para 16 enero, 1693.1 para 01 febrero, 1708.9 para 16 febrero) (Cuadro 3), requeridas en menor tiempo y por tal motivo se acortó el ciclo de vida del cultivo, así como el periodo reproductivo y la excersión y se aumentó la altura de la planta y la longitud de la panoja.

Cuadro 3. Unidades calor a madurez fisiológica calculadas con temperatura base de 10 ˚C, de 5 genotipos de sorgo en 7 fechas de siembra bajo riego, Río Bravo, Tamaulipas, OI 2022/2023 y OI 2023/2024.

Fecha siembra	Días madurez	U.C. promedio
01 Ene	135.9	1631.2
16 Ene	130.1	1706.7
01 Feb	119.5	1693.1
16 Feb	111.2	1708.9
01 Mar	106.2	1715.6
16 Mar	99.4	1684.3
01 Abr	92.8	1680.0

Respecto a la probabilidad de ocurrencia de heladas (Cuadro 4), se observa que, en los últimos 11 años, ocurrió helada en un año, en la tercera decena de diciembre (9.09 % de probabilidad); en dos años, en la primera y segunda decena de enero (18.18 %); en un año, en la tercera decena de enero y primera y segunda decena de febrero (9.09 %). Por lo que el mayor riesgo de temperaturas congelantes (dos de cada 11 años), se presenta durante la primera y segunda decena de enero. Este resultado contrasta con lo informado por Herrera y Betancourt (1981) que, basados en la evaluación de fechas de siembra de sorgo en Río Bravo, Tamaulipas, concluyeron que durante el mes de enero las probabilidades de heladas fueron de 50 % al inicio y 30 % al final del mes.

Cuadro 4. Ocurrencia de temperaturas iguales o menores a cero centígrados en los últimos 11 años.

Periodo	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	Número de años de ocurrencia	Probabilidad de ocurrencia
21 - 31 dic			23, 24 dic; -2.8, -0.6 °C									1	9.09 %
01 - 10 ene							3 ene; -0.7 °C	8, 9 ene; -1.7, -0.1 °C				2	18.18 %
11 - 20 ene	16, 17, 18 ene; -0.06, -2.8, -1.9 °C						17, 18 ene; -1.6, -1.3 °C					2	18.18 %
21 - 30 ene			21 ene; 0.0 °C									1	9.09 %
01 - 10 feb			05 feb; -1.1 °C									1	9.09 %
11 - 20 feb				15, 16, 17, feb; -1.2, -5.5, -3.2 °C								1	9.09 %

Conclusiones

1. Se identificó al periodo del 01 de enero al 16 de febrero, como el óptimo para la siembra de sorgo grano bajo condiciones de riego en el norte de Tamaulipas, ciclo OI.
2. Para completar su ciclo de vida, las unidades calor (promedio 1684) requeridas por el sorgo, fueron completadas por las fechas de siembra del 01 de enero, 16 de enero 01 de febrero y 16 de febrero en, 135, 130, 119 y 111 días, respectivamente.
3. En el ciclo OI, la mayor probabilidad de temperaturas congelantes, 18.18 % (dos de cada 11 años), se presentó durante la primera y segunda decena de enero.

Agradecimientos

Al INIFAP.

Fuente financiadora

INIFAP y Patronato para la Investigación Fomento y Sanidad Vegetal.

Referencias bibliográficas

Herrera Y. A. y Betancourt V. A. 1981. Fecha óptima de siembra de sorgo. Folleto técnico No. 1. SARHINIA-CIAGON. Campo Agrícola Experimental Río Bravo, 16p.

SAS Institute. 2016. SAS/STAT® 9.1 User'S Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.

Shen X.H., Jiang C., Xu Y.Q., Wu X.F., Wang S.H., Xie S. 2023. Effects of agrometeorological factors on sorghum yield and quality at different sowing dates in Jiangxi province, China. Applied Ecology and Environmental Research 21(3): 2493-2505.

SIAP. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. 2024. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Sindhu, Y., Karthikeyan, R., Sivakumar, S.D., Djanaguiraman, M., Thirunavukkarasu, M. and Boomiraj, K. 2024. Effect of Weather Indices under Different Sowing Windows on Grain Yield of Sorghum. Agricultural Science Digest. 44(1): 68-72.

TENDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA COMARCA LAGUNERA CON BASE EN LOS ÍNDICES ETCCDI

Nuria Aide López-Hernández[1*], Ramón Trucíos-Caciano[1], Aldo Rafael Martínez-Sifuentes[1], Víctor Manuel Rodríguez-Moreno[2]

[1]CENID RASPA, INIFAP, Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Durango, C.P. 35179, [2]CE Pabellón, INIFAP, Km. 32.5 Carretera Panamericana Aguascalientes - Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México, C.P. 20670.
*Autor para correspondencia: lopez.nuria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Vulnerabilidad climática, variabilidad climática, índices de cambio climático.

Introducción

El cambio climático (CC) es uno de los principales desafíos que enfrenta el mundo y se define como cambios significativos en los valores medios de eventos meteorológicos, como la precipitación y la temperatura, debido a actividades naturales y antropogénicas (Kotir, 2011). En 2019, aproximadamente el 22% de las emisiones globales de GEI provinieron de la agricultura y al mismo tiempo es el sector de la economía más afectado por el CC debido a los eventos climáticos extremos, que incluyen períodos de temperaturas muy altas, lluvias torrenciales y sequías. Por lo tanto, uno de los mayores desafíos es reducir el impacto ambiental de la agricultura y, al mismo tiempo, garantizar la seguridad alimentaria (Rosa, 2022). El Equipo de Expertos sobre Detección e Índices del Cambio Climático (ETCCDI, por sus siglas en ingles), patrocinado por la Comisión de Climatología (CCI) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el proyecto de previsibilidad y variabilidad del clima (CLIVAR) y la Comisión Técnica Conjunta de Oceanografía y Meteorología Marina (JCOMM), definió un conjunto de 27 índices ampliamente utilizados (Yu *et al*., 2020). El objetivo de este trabajo fue analizar la tendencia de diez índices ETCCDI en la Comarca Lagunera (CL) ubicada en una región árida de los estados de Coahuila y Durango en México, lo que la convierte en una zona vulnerable a los efectos de eventos climáticos extremos.

Materiales y métodos

El área de estudio corresponde a la CL, ubicada al norte de México, entre las coordenadas 24° 22′ y 26° 23 de latitud N y 102° 22′ y 104° 47′ de longitud O; tiene una superficie de 31,000 km^2. La región se divide en 16 municipios, 5 de ellos ubicados en el estado Coahuila de Zaragoza: Viesca, Torreón, Francisco I. Madero, San Pedro, Matamoros; y, 11 ubicados en el estado de Durango: San Juan de Guadalupe, Cuéncame, General Simón Boliva, Mapimí, Gómez Palacio, Nazas, Lerdo, Tlahualilo, San Pedro del Gallo, Rodeo, San Luis Cordero. El clima predominante es BWhw, muy árido, semicálido, con una temperatura media anual de entre 18 °C y 22 °C.

Las estaciones climáticas seleccionadas para el cálculo de los índices de CC fueron las siguientes: San Pedro “05036” (25° 45′ 25.2″ latitud, −102° 59′ 45.6″ longitud y altitud de 1100 m), en el estado de Coahuila; Ciudad Lerdo (DGE) “10108” (25° 32′ 45.6″ latitud N, −103° 31′ 19.2″ longitud O y altitud de 1140 m); y Tlahualilo “10085” (26° 06′ 21.6″ de latitud, −103° 26′ 34.8″ de longitud y 1100 m de altitud) en el estado de Durango. La selección de estas estaciones se basó en el principio de representar la región con la mayor precisión posible, con el criterio adicional de asegurar que no se perdiera más del 2% de los datos diarios de temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) y precipitación (PP). El rango temporal de los datos diarios fue de 1980 a 2020. Las bases de datos climáticas se analizaron con control de calidad, homogeneización de series climatológicas, incluyendo el llenado de datos faltantes y la detección y corrección de valores atípicos y desplazamientos de la media de las series utilizando el paquete Climatol (versión 4.0.0) que corre en el lenguaje de programación R.

El cálculo de los diez índices ETCCDI se hizo mediante el software RClimdex (Climdex, 2019, http://etccdi.pacifclimate.org), siete índices están relacionados con la temperatura (Tn90p, TNx, TN20, Tx90p, TXx, DTR, CDD) y tres con la precipitación (R95p, R99p, R20mm). Su descripción se presenta en el Cuadro 1.

Para el cálculo de las tendencias de los índices se empleó la prueba no paramétrica de Mann–Kendall (MK), para probar la significancia estadística del aumento o disminución de la serie y los índices climáticos extremos. El umbral para aceptar un cambio como estadísticamente significativo se estableció en $p < 0.05$.

para estimar la magnitud (tasa anual) de cambio o la pendiente de tendencia de los índices se empleó el estimador de pendiente de Sen. El análisis estadístico se realizó con el software R.

Cuadro 1. Descripción de los índices ETCCDI empleados en el estudio.

ID	Nombre del índice	Definición	Unidad
TN90p	Noches cálidas	Porcentaje de días en los que TN > percentil 90	Días
TNx	Tmin Max	Valor máximo mensual de la temperatura mínima diaria	ºC
TR20	Noches tropicales	Recuento anual cuando TN(mínima diaria)>20ºC	Días
TX90p	Días cálidos	Porcentaje de días en los que TX > percentil 90	Días
TXx	Tmax Max	Valor máximo mensual de la temperatura máxima diaria	ºC
DTR	Rango de temperatura diurna	Diferencia media mensual entre TX y TN	ºC
CDD	Días secos consecutivos	Número máximo de días consecutivos con RR<1mm	Días
R20	Número de días con precipitaciones muy fuertes	Recuento anual de días en los que PRCP >= 20 mm	Días
R95p	Días muy húmedos	PRCP total anual cuando RR > percentil 95	mm
R99p	Días extremadamente húmedos	PRCP total anual cuando RR > percentil 99	mm

Resultados y discusión

Los resultados de las estadísticas Z de la prueba MK y la magnitud de la pendiente de Sen de los índices ETCCDI se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores Z de la prueba de Mann Kendall y pendiente de Sen para los índices ETCDDI de la Comarca Lagunera de 1980 a 2020.

Índice ETCCDI	Lerdo		San Pedro		Tlahualilo	
	Valor Z	Pendiente Sen	Valor Z	Pendiente Sen	Valor Z	Pendiente Sen
Tn90p	5.99*	0.41	5.80*	0.31	4.00*	0.21
Tx90p	4.83*	0.34	4.03*	0.25	2.91*	0.17
TNx	4.55*	0.07	4.00*	0.05	3.13*	0.04
TXx	3.38*	0.05	1.70	0.03	0.73	0
TR20	5.53*	0.68	6.01*	1.89	1.71	0.46
DTR	0.18	0	-2.61*	-0.02	0.48	0.01
CDD	0.44	0.31	0.53	0.37	0.94	0.59
R95p	2.24*	0.86	0	0	-0.28	0
R99p	0.67	0	0.76	0	0.65	0
R20mm	0	0	0	0	-0.53	0

Los valores con * corresponden a las tendencias significativas al nivel del 5% ($p < 0.05$).

Se observa una tendencia creciente significativa en Tn90p a lo largo de los años en toda la región de la CL, con una tasa de alrededor de 0.3 días año^{-1} ($p < 0.05$). La frecuencia de noches cálidas aumentó significativamente con una tasa de 0.41, 0.31 y 0.21 días año^{-1}, para Lerdo, San Pedro y Tlahualilo, respectivamente. El índice Tx90p mostró una tendencia creciente significativa con una tasa promedio de 0.3 días año^{-1} en toda la región CL ($p < 0.05$). Durante el período de 1980 a 2020, los Tx90p fueron 0.34, 0.25 y 0.17 días año^{-1} para Lerdo, San Pedro y Tlahualilo, respectivamente. Se observó un aumento de alrededor del 10% en 2004. En general, la frecuencia de noches cálidas fue mayor que la de días cálidos.

Los resultados mostraron una tendencia creciente significativa en TNx, con una tasa promedio de 0.05 °C año^{-1} en los valores máximos de temperatura mínima en toda la región de la CL ($p < 0.05$). El índice TXx mostró una tendencia creciente significativa en Lerdo, con una tasa de 0.05 °C año−1 ($p < 0.05$). Por el contrario, en San Pedro y Tlahualilo, la tendencia creciente no es significativa. Según Hong y Ying (2019), las tendencias crecientes de TNx y TXx podrían indicar que los eventos cálidos más intensos aumentaron y los eventos fríos más intensos disminuyeron. Todas las estaciones presentan una tendencia significativamente creciente de TR20, especialmente San Pedro con 1.89 días año^{-1}, seguido de Lerdo y Tlahualilo con 0.68 días año^{-1} y 0.46 días año^{-1}, respectivamente ($p < 0.05$). Durante el periodo de 1980 a 2014, Lerdo se mantuvo constante y mantuvo un máximo de 20 días con noches tropicales al año. De 2015 a 2016, aumentó a 40 días y de 2017 a 2020 el promedio fue de 60 días. Durante el periodo de 1980 a 1994, en San Pedro, el promedio fue de 40 días al año, mientras que de 1996 a 2020, el promedio fue de 95 días al año. En el caso de Tlahualilo, de 1980 a 2019, se registró un promedio de 40 días al año con noches tropicales, pero con algunos picos pronunciados a partir de 2009. Lerdo mostró un DTR de 17.1 °C a 20.2 °C, sin una tendencia significativa ni creciente ni decreciente ($p < 0.05$). En San Pedro, el DTR mostró una tendencia significativamente decreciente en las temperaturas diurnas con una tasa de 0.02 °C año−1 ($p < 0.05$), debido a la menor amplitud de calentamiento en TXx y TNx, lo que resultó en una disminución en el rango de temperatura diurna, y alcanzó su rango más bajo en 2015. Una tendencia creciente implica que cada año se acumulan más días secos consecutivos en la región de estudio. Sin embargo, en toda la región de estudio, no se observa una tendencia significativa de aumento en el CDD ($p < 0.05$). Una tendencia creciente significativa en el CDD puede afectar seriamente los medios de vida de la población debido a la escasez de agua (Kalita *et al*., 2023).

En cuanto a los índices de precipitación (R95p, R99p y R20 mm), el R95p en Lerdo fue el único que mostró una tendencia creciente significativa, con 0.02 mm año−1 ($p < 0.05$). El período de 2007 a 2011 destaca, con cero días con R95p, característico de zonas áridas y semiáridas como la región de estudio.

Conclusiones

Se identificaron cambios en los valores extremos de temperatura y precipitación en CL durante el período de estudio. Se observó un aumento significativo de la temperatura, según los índices Tn90p, Tx90p, TNx, TXx y TR20. Este fenómeno está agravando las condiciones de sequía, lo cual se corrobora con el índice CDD. El índice R95p en Lerdo fue el único relacionado con la precipitación que mostró una tendencia creciente significativa, con 0.02 mm por año

Agradecimientos y Fuente financiadora

Esta investigación fue financiada por el proyecto “Determinación de la lámina de riego óptima en tiempo casi real como estrategia de adaptación/mitigación al cambio climático”, con número SIGI 12494136181, del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Kotir, J.H. Climate change and variability in Sub-Saharan Africa: A review of current and future trends and impacts on agriculture and food security. Env. Dev. Sustain. 2011, 13, 587–605.

Rosa, L. Adapting agriculture to climate change via sustainable irrigation: Biophysical potentials and feedbacks. Environ. Res. Lett. 2022, 17, 06300.

Yu, Y.; Schneider, U.; Yang, S.; Becker, A.; Ren, Z. Evaluating the GPCC Full Data Daily Analysis Version 2018 through ETCCDI indices and comparison with station observations over mainland of China. Theor. Appl. Climatol. 2020, 142, 835–845.

Kalita, R.; Kalita, D.; Saxena, A. Trends in extreme climate indices in Cherrapunji for the period 1979 to 2020. J. Earth Syst. Sci. 2023, 132, 74.

Hong, Y.; Ying S; 2019. Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 based on ETCCDI indices. Adv. Clim. Chang. Res. 2019, 9, 218–226.

PLANTAS HORTÍCOLAS EN SISTEMAS HIDROPÓNICOS VERTICALES. ESTUDIO DE VIABILIDAD

María Fernanda Quintero-Castellanos*[1], Calina Borgovan[2], Manuel Felipe López-Mora[1], José Miguel Guzmán-Palomino[2]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Carretera San Luis – Matehuala Km. 14.5, 78321 SGS, SLP, México. [2]Departamento de Agronomía, Universidad de Almería, CeiA3, CIAIMBITAL, Almería, España.
*Autor para correspondencia: maria.quintero@uaslp.mx

Palabras clave: Hortalizas, fertirriego, torres de cultivo.

Introducción

Los cultivos hidropónicos verticales son sistemas innovadores de producción agrícola que han surgido como respuesta a los desafíos globales actuales, entre los que se incluyen el crecimiento acelerado de la población, la urbanización, la reducción de superficies cultivables, el cambio climático y la necesidad de un uso más eficiente de los recursos naturales. Este tipo de agricultura no busca reemplazar a la producción tradicional a campo abierto, sino complementar el sistema alimentario mediante la incorporación de tecnologías que aporten eficiencia, sostenibilidad y nuevas oportunidades de negocio. Los cultivos más aptos para los sistemas hidropónicos verticales suelen ser hortalizas de rápido crecimiento, con una altura promedio 40 cm, y que puedan cosecharse un mes después de la siembra. Entre las principales ventajas de estos sistemas se destacan el aprovechamiento del espacio vertical, la reducción de los costos de transporte por su proximidad al consumidor final, lo que conlleva una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero, y la posibilidad de programar la producción anual en función de la demanda. Además, el rendimiento de los cultivos puede maximizarse gracias al ajuste y control automatizado de parámetros climáticos. En comparación con la agricultura convencional, el consumo hídrico en estos sistemas es menor, lo que permite un uso más eficiente del agua, incluso a partir de fuentes de diferentes calidades o recursos hídricos no convencionales (López *et al.,* 2024).

No obstante, la implementación de estos sistemas también conlleva una serie de desafíos como los altos costos iniciales, debido a la inversión necesaria en infraestructura y tecnología; la elevada demanda energética; y la necesidad de contar con personal capacitado para operar los sistemas automatizados y mantener las condiciones óptimas de cultivo.

Actualmente, las especies más cultivadas en sistemas hidropónicos incluyen hortalizas de hoja como lechuga, escarola, rúcula, perejil, espinaca, acelga, mostaza, col rizada, verdolaga, rúcula silvestre, perilla y berro. Estos cultivos se adaptan bien al manejo hidropónico y permiten alcanzar estándares de calidad en cuanto a sanidad, sabor y contenido de nutrientes. El objetivo de este trabajo fue determinar la viabilidad de diferentes hortalizas de hoja, plantas aromáticas y otras especies de interés para el consumo humano en sistemas de cultivos hidropónicos verticales cerrados.

Materiales y métodos

Localización del experimento. El experimento se desarrolló durante el periodo invierno-primavera del año 2025 en un invernadero de media tecnología en la Universidad de Almería, España. La zona presenta un clima semiárido cálido, con una temperatura media anual de 19 °C, alcanzando máximas mensuales promedio de 31 °C en agosto y mínimas de 8 °C en enero. La precipitación anual es de 200 mm, distribuida en unos 25 días de lluvia al año. La humedad relativa media anual es del 65 %, con valores extremos de 68 % en octubre y 60 % en julio. La insolación media anual es de 2800 horas, condiciones favorables para la producción en ambientes controlados.

Sistema hidropónico vertical. El ensayo se llevó a cabo utilizando torres hidropónicas verticales de la marca TIRUSS®, diseñadas como sistemas modulares de cultivo con una altura de 1.6 metros y capacidad para albergar hasta 45 plantas por torre. Cada torre cuenta con un depósito inferior de 20 litros para el almacenamiento de la solución nutritiva, la cual se recircula mediante una bomba de 4.8 W de potencia y un caudal de 740 L/h, asegurando una distribución uniforme.

La fertilización se realizó utilizando una solución nutritiva estándar para hortalizas de hoja, compuesta por los siguientes macroelementos (en mmol/L): N-NO_3: 16.0, N-NH_4: 2.0, P-PO_4: 2.0, K: 10.0, Ca: 4.5, Mg: 1.0, S-SO_4: 2.5; y microelementos (en µmol/L): Fe: 40.0, B: 30.0, Cu: 1.0, Zn: 5.0, Mn: 5.0, Mo: 1.0

Material vegetal. Las semillas utilizadas en el experimento se clasificaron en tres grandes grupos según su uso y características:

1. Plantas de huerto: Tomate 'Mohamed' (*Solanum lycopersicum*), Melón 'Ho Chi Minh' (*Cucumis melo*), Cebolla blanca 'Barletta' (*Allium fistulosum*), Tomate 'Aztek' (*Solanum lycopersicum*), Zanahoria baby 'Saint Valery' (*Daucus carota*), Collejas (*Silene vulgaris*)
2. Plantas medicinales: Flor eléctrica (*Acmella oleracea*), Estragón (*Artemisia dracunculus*), Hisopo (*Hyssopus officinalis*), Perilla (*Perilla frutescens*), Artemisa dulce (*Artemisia annua*), Ortiga (*Urtica dioica*), Ajedrea de jardín (*Satureja hortensis*), Stevia (*Stevia rebaudiana*), Salvia (*Salvia sclarea*)
3. Plantas aromáticas y culinarias: Mostaza negra (*Brassica nigra*), Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*), Mostaza blanca (*Sinapis alba*), Tomillo (*Thymus vulgaris*), Orégano griego (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*), Ajedrea de jardín (*Satureja hortensis*), Albahaca sagrada o Tulsi (*Ocimum tenuiflorum*) y Albahaca morada (*Ocimum basilicum*)

Diseño experimental

Cada torre del sistema hidropónico vertical cuenta con 45 cavidades para plantas. Para este experimento, se sembraron 8 cavidades por especie vegetal, distribuidas uniformemente en las torres, asegurando condiciones similares de luz, temperatura y humedad para cada unidad experimental.

La evaluación de la adaptabilidad de cada especie al sistema hidropónico vertical se realizó mediante el análisis del porcentaje de plantas vivas (% PV) al final del periodo de cultivo. Basándonos en este indicador, se establecieron tres rangos de respuesta para clasificar el desempeño de cada especie: Bajo, con 0–40% PV. Intermedio, con 41–70 % PV. Alto, con más del 70 % PV.

Esta clasificación permitió identificar las especies con mayor viabilidad en condiciones de cultivo hidropónico vertical y establecer su potencial de adaptación a este sistema de producción.

Resultados y discusión

En este primer ensayo, la evaluación del % PV a los 30 días después del trasplante (DDT) se observa en el Cuadro 1. Las especies con menor % PV, y por tanto con baja adaptabilidad al sistema, fueron: Melón ('Ho Chi Minh'), Tomillo y Lemongrass, con un porcentaje de supervivencia comprendido entre el 7 y 25 %. Estas especies presentaron signos de estrés temprano y dificultades para establecerse en el sistema vertical, posiblemente debido a sus exigencias agronómicas particulares o a una inadecuada compatibilidad con el entorno radicular hidropónico.

Con una respuesta intermedia (41–70 % PV) se identificaron las siguientes especies: Estevia, Cebolla blanca, Tulsi, Salvia, Ajedrea de jardín y Ortiga, con % PV promedio entre el 50 y 75 %, Estas plantas mostraron una adaptación intermedia al sistema, aunque presentaron algunas pérdidas por problemas de desarrollo, competencia radicular o sensibilidad a las condiciones de humedad o nutrientes.

Las especies más prometedoras, con alta supervivencia (más del 70 % PV): fueron: Orégano griego, Hisopo, Flor eléctrica, Albahaca morada, Perilla, Jabonera, Estragón, Mostaza blanca y Collejas, todas con más del 75 % PV a los 30 DDT. Estas especies demostraron una excelente adaptación al sistema hidropónico vertical, destacándose por su vigor, desarrollo vegetativo estable y escasa mortalidad durante el periodo de evaluación.

Estos resultados coinciden en parte con los reportados por Lakhiar *et al.* (2025), quienes destacan una amplia gama de cultivos aptos para sistemas de cultivo sin suelo, como hidroponía, aeroponía, acuaponía o cultivos en sustratos, incluyendo hortalizas de hoja (lechuga, espinaca, rúcula, kale), plantas aromáticas (menta, albahaca, perejil, cilantro, salvia), vegetales de fruto (tomates, pepinos, pimientos), tubérculos (zanahorias, rábanos, papas), flores ornamentales (rosas, orquídeas), y cultivos especializados como cannabis o lemongrass. Además, los autores subrayan importantes beneficios asociados a estos sistemas en comparación con la agricultura convencional, entre ellos una reducción significativa (entre 50 y 95 %) del consumo de agua. Esto se traduce en un incremento en la Eficiencia de Uso Hídrico (WUE). La lechuga cultivada en sistemas de cultivo vertical requiere solo 20 L/kg frente a 250 L/kg en sistemas tradicionales.

Conclusiones

Los cultivos verticales representan una herramienta clave para conseguir sistemas alimentarios sostenibles y resilientes, especialmente en contextos urbanos y frente a los desafíos del cambio climático. Las plantas que mejor se adaptaron a este sistema fueron: orégano griego, hisopo, flor eléctrica y albahaca morada, perilla, jabonera, estragón, mostaza blanca y collejas. Los sistemas hidropónicos verticales no solo son viables para la producción de hortalizas de hoja y plantas aromáticas, sino que además ofrecen una

alternativa eficiente y adaptable para diversificar los cultivos en zonas urbanas o de recursos limitados. Futuras investigaciones deberán centrarse en la optimización de las variables ambientales y nutricionales específicas para cada especie, así como en la evaluación de parámetros productivos, sensoriales y económicos que permitan consolidar estos sistemas como una opción competitiva y sostenible dentro del sector agroalimentario.

Cuadro 1. Porcentajes de plantas vivas en sistemas hidropónicos verticales.

Especie	% PV
Estragón (*Artemisia dracunculus*)	100.0
Mostaza blanca (*Sinapis alba*)	100.0
Collejas (*Silene vulgaris*)	100.0
Perilla (*Perilla frutescens*)	91.7
Jabonera (Saponaria officinalis)	91.7
Albahaca morada (*Ocimum basilicum*)	87.5
Flor eléctrica (*Acmella oleracea*)	85.7
Mostaza negra (*Brassica nigra*)	81.0
Zanahoria Baby Saint Valery (*Daucus carota*)	81.0
Orégano Griego (*Origanum vulgare subsp. Hirtum*)	76.2
Hisopo (*Hyssopus officinalis*)	76.2
Ortiga (*Urtica dioica*)	73.3
Tomate Aztek (*Solanum Lycopersicum)*	71.4
Ajedrea de jardín (*Satureja hortensis*)	66.7
Salvia (*Salvia sclarea*)	62.5
Tomate Mohamed (*Solanum Lycopersicum)*	61.9
Albahaca sagrada o Tulsi **(***Ocimum tenuiflorum***)**	59.7
Cebolla Blanca Barletta (*Allium fistulosum*)	57.1
Stevia (*Stevia rebaudiana*)	47.6
Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*)	20.8
Tomillo (*Thymus vulgaris*)	19.0
Melón Ho Chi Minh (*Cucumis melo*)	14.3

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP) mediante la Beca para Estancias de Posdoctorado. Asimismo, se agradece la financiación recibida a través de los proyectos TRFE-I-2021/013: Sistema de Cultivo Vertical Cerrado en Cascada: GroVert y CPP2021-008801: Producción y validación de nanopartículas multifuncionales para una agricultura de precisión, más eficiente y sostenible.

Referencias bibliográficas

López Mora, M. F., Quintero Castellanos, M. F., González Murillo, C. A., Borgovan, C., Salas Sanjuan, M. D. C., & Guzmán, M. (2024). *Predictive Model to Evaluate Water and Nutrient Uptake in Vertically Grown Lettuce under Mediterranean Greenhouse Conditions*. Horticulturae, 10(2), 117.

Lakhiar, I. A., Yan, H., Syed, T. N., Zhang, C., Shaikh, S. A., Rakibuzzaman, M., & Vistro, R. B. (2025). *Soilless Agricultural Systems: Opportunities, Challenges, and Applications for Enhancing Horticultural Resilience to Climate Change and Urbanization*. Horticulturae, 11(6), 568. https://doi.org/10.3390/horticulturae11060568

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA POR ACOLCHADO DE RASTROJO

Aurelio Guevara-Escobar[1]*

[1]Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Boulevard de las Ciencias s/n, Juriquilla Querétaro. CP 76230.
*Autor para correspondencia: guevara@uaq.mx

Palabras clave: Balance hídrico del suelo, riego, TDR.

Introducción

El acolchado es el uso de materiales plásticos, pétreos o los residuos de cosecha para proteger al suelo de los efectos de la radiación, lluvia y el viento. La protección involucra reducir la erosión del suelo y la evaporación, conservar la humedad, reducir cambios en la temperatura del suelo, reducir la competencia por plantas indeseables y otros (Liu *et al*., 2021). Un aspecto del funcionamiento del acolchado es la capacidad de interceptar la precipitación (I). La capacidad de almacenamiento de agua (C) y la evaporación directa a partir de las superficies son los dos componentes que determinan I. Por inmersión en agua o con simuladores de lluvia se ha estimado C de materiales vegetales usados como acolchado (Lopes *et al*., 2025); sin embargo, C depende de características de la lluvia como el tamaño de gota, la intensidad y duración de la lluvia. Por esta razón es deseable observar el fenómeno en campo.

Un indicador de C es la cantidad de lluvia ocurrida desde el momento que inicia el evento de lluvia hasta que inicia el drenaje en el acolchado. Durante la lluvia se asume que es pequeña la contribución por evaporación para I. Los materiales con alta C son importantes para mantener el suelo seco, retardar la infiltración de agua en el suelo o controlar el escurrimiento superficial; toda esta funcionalidad ayuda a retardar la respuesta hidrológica del suelo. Las características físicas del acolchado como la porosidad, el tamaño de partícula, la distribución y el espesor del material determinan C. Materiales porosos y absorbentes permiten retener agua tanto en sus estructuras como en los espacios intersticiales, liberándola gradualmente hacia el suelo (Guevara-Escobar *et al*., 2007). Una distribución homogénea y un espesor adecuado del acolchado reducen la energía de las gotas de lluvia y disminuyen el sellado superficial y favoreciendo la infiltración (Li *et al*., 2021).

La reflectometría de dominio de tiempo (TDR) mide el contenido volumétrico de agua de un material (θ %v/v) y entonces el cambio en θ (Δθ), cuando se mide debajo del acolchado, indicará cuándo inició el drenaje. Este procedimiento permitiría medir en condiciones de campo y de manera repetida el comportamiento de C de acolchados a través del tiempo. Esto es importante, pues el efecto de la lluvia, los ciclos de mojado y secado, entre otros aspectos, modifican la estructura tridimensional del acolchado a través del tiempo. Así, el objetivo fue determinar el efecto de cantidades de acolchado de rastrojo de maíz sobre C. Como hipótesis se tuvo que C sería mayor para un tratamiento de 1.5 kg m^{-2} en comparación con 1.0 kg m^{-2}. Estas masas de acolchado corresponden al rango de residuo de cosecha de grano de maíz entre 10 y 15 Mg ha^{-1}.

Materiales y métodos

El sitio de estudio fue un claro de matorral de selva baja caducifolia a 1990 msnm. ubicado en el Marques, Querétaro con coordenadas 20.65 latitud N, 100.25 longitud O. El clima de la región es de tipo templado-semiárido, con un periodo de lluvias de verano con precipitación en el rango de 400 y 800 mm, y una temperatura media anual de 25 °C. El sitio se escogió por la susceptibilidad a la erosión de suelo y para investigar al acolchado orgánico como herramienta de restauración ambiental.

Se instrumentaron seis parcelas de 1 m^2 y aleatoriamente se asignó uno de los tratamientos de masa de acolchado: 1.0 y 1.5 kg m^{-2}. En el centro de la parcela, a 5 cm de profundidad se instaló de manera horizontal una sonda CS616 (Campbell Scientific) para medir θ con una resolución de 0.1%. Otra sonda se ubicó horizontalmente sobre la superficie del suelo y después se cubrió con rastrojo, procurando una distribución homogénea del material. Encima del acolchado se fijó una malla de gallinero para reducir la pérdida de material. La precipitación incidente (P) se midió con un pluviómetro TR-525M (Texas Electronics, Inc.) con resolución de 0.1 mm. Un datalogger CR1000 (Campbell Scientific) registró cada 10 s el acumulado de P y la muestra instantánea de θ. En todas las parcelas se removió la vegetación emergente. El periodo de estudio comprendió de junio del 2023 a junio del 2024, registrándose 23 eventos de lluvia, siendo el último el 23 de diciembre con el que terminó la temporada de lluvia. Los eventos de lluvia

registrados fueron de baja intensidad y poca P acumulada. Se seleccionaron los seis eventos con mayor P acumulada (Cuadro 1). Para cada evento se calculó C (ecuación 1) de los tratamientos de acolchado:

$$C = Pt \quad 1)$$

donde t es el tiempo de la primera ocurrencia positiva de Δθ y P es la lluvia acumulada hasta el tiempo t.

Cuadro 1. Características de los eventos de lluvia de mayor precipitación usados para calcular la capacidad de almacenamiento (C) de acolchados.

P[1] (mm)	I[2] (mm h^{-1})	D[3] (minutos)	DA[4]	Hora
14.2	21.3	40	220	17:56
17.2	12.7	81	218	19:17
6.6	6.8	58	230	20:56
8.4	5.3	96	230	20:18
13.8	21.8	38	260	19:34
19.9	4.3	277	277	17:26

[1] P: precipitación acumulada, [2] I: intensidad de lluvia, [3] D: duración de la lluvia, [4] DA: día del año.

Cada evento se consideró una observación repetida en el tiempo. Con análisis de varianza de parcelas divididas se determinó la diferencia entre los tratamientos de acolchado. El nivel de significancia fue 0.05.

Resultados y discusión

Según el análisis de varianza (Cuadro 2) los tratamientos de 1.0 y 1.5 kg m^{-2} fueron diferentes (p = 0.02) en C (2.12 y 3.23 mm ± 0.13, media y error estándar de la media). La humedad del suelo al inicio del evento de lluvia no fue un efecto significativo (p = 0.13). Otros efectos significativos en el modelo indicaron que C depende del evento de lluvia, los tratamientos de acolchado no se comportan de manera consistente entre los eventos de lluvia y las unidades experimentales no fueron semejantes entre sí. Estos resultados indican la importancia de los cambios en las características del acolchado a través del tiempo en su efecto sobre C (Sato *et al*., 2004). La alteración de un acolchado orgánico a través del tiempo no solo es función de los eventos de lluvia, sino de la herbivoría, la descomposición microbiana, reacomodo y pérdida de material por el viento o arrastre por el agua. Por eso, es importante evaluar el comportamiento de los acolchados en condiciones de campo ya fuera con lluvia simulada o eventos de lluvia. Potencialmente, el agua disponible para infiltración se redujo de manera acumulada en 12.7 y 19.4 mm para los seis eventos de lluvia examinados, estas reducciones tienen implicaciones para la protección del suelo o la captura de agua en el suelo. Posiblemente la aplicación de 1.0 kg m^{-2} sea la adecuada para uso agrícola mientras que en la restauración ambiental a razón de 1.5 kg m^{-2} sea más conveniente.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el efecto de tratamiento de acolchado (Tx) usando como término de error Parcela (Tx), donde Parcela es la unidad experimental. Evento y Parcela (Tx) se consideraron efectos aleatorios.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p
Tx	1	11	11	12.4	0.0245
Evento	5	24.94	4.99	20.11	<0.0001
Parcela (Tx)	4	3.55	0.89	3.58	0.0234
Evento * Tx	5	9.41	1.88	7.59	0.0004
Error aleatorio	20	4.96	0.25		
Total	35	53.86			

Conclusiones

Los tratamientos de 1.0 y 1.5 kg m^{-2} de acolchado de rastrojo de maíz fueron diferentes en su capacidad de almacenamiento de agua de lluvia. Los valores reportados corresponden al momento en el que se detectó el inicio del drenaje a partir del acolchado, otras características hidráulicas de los materiales pueden ser importantes para las recomendaciones de uso.

Referencias bibliográficas

Guevara-Escobar, A., Gonzalez-Sosa, E., Ramos-Salinas, M., & Hernandez-Delgado, G. D. (2007). Experimental analysis of drainage and water storage of litter layers. Hydrology and Earth System Sciences, 11(5), 1703-1716.

Li, R., Li, Q., & Pan, L. (2021). Review of organic mulching effects on soil and water loss. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *67*(1), 136-151.

Liu, Z., Huang, F., Wang, B., Li, Z., Zhang, P., & Jia, Z. (2021). Impacts of mulching measures on crop production and soil organic carbon storage in a rainfed farmland area under future climate. *Field Crops Research*, *273*, 108303.

Lopes, I., de Lima, J. L., Montenegro, A. A., & Carvalho, A. A. D. (2025). Assessment of Water Retention and Absorption of Organic Mulch Under Simulated Rainfall for Soil and Water Conservation. *Soil Systems*, *9*(1), 4.

Sato, Y., Kumagai, T. O., Kume, A., Otsuki, K., & Ogawa, S. (2004). Experimental analysis of moisture dynamics of litter layers—the effects of rainfall conditions and leaf shapes. *Hydrological Processes*, *18*(16), 3007-3018.

EFICIENCIA HÍDRICA DE MAÍZ DE TEMPORAL EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL NORTE DE GUANAJUATO

Juan José Ramírez-Ramírez[1]*, Andrés Mandujano-Bueno[2]

[1]SENGUA, CIRCE, INIFAP; [2]CEBAJ, CIRCE, INIFAP.
*Autor para correspondencia: ramirez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Agua, suelo y maíz.

Introducción

La eficiencia de uso del agua es un parámetro que permite conocer la relación de la producción de fotosintátos, kg, y el volumen de agua utilizado. En el Norte de Guanajuato los suelos presentan características edáficas deplorables, que limitan el aprovechamiento del agua a través de las raíces de los cultivos. Estas condiciones edáficas traen consigo baja productividad y deficiencias hídricas. El consumo de agua por ciclo de maíz está entre 500 y 800 mm, eficiencia hídrica de 0.8 a 1.6 kg m^{-3} (FAO, 2012). El objetivo del estudio, evaluar la eficiencia hídrica en la producción de temporal de alta siniestralidad de dos variedades de maíz, bajo un manejo de suelo con labranza de conservación, rotura vertical, técnica agronómica que aumenta la absorción y retención de agua de lluvia.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en San Luis de la Paz, Guanajuato, México, a 21°19´ LN y 100°25´ LO, 2 051 msnm; precipitación media anual de 250 mm. Suelo con manejo de labranza de conservación, rotura vertical y "Diagnóstico *in situ".* La siembra con una densidad de 45 mil plantas por hectárea. El experimento se llevó a cabo en un diseño de bloques completos al azar, se evaluaron dos variedades de maíz, Cónico Norteño, y CAFIME Plus, con y sin insecticida; y tres repeticiones al azar (tres metros lineales) 12 unidades experimentales (U.E). Se midieron largo de mazorca (cm), ancho de mazorca (cm), granos por mazorca (núm), grosor del olote (cm) y peso de grano (kg/ha). El análisis de datos se hizo en el software Minitab 16® y Curve Expert 1.4®. Se relacionó la producción de grano (kg/ha), con la precipitación pluvial efectiva para determinar la eficiencia hídrica (kg/m^3). No se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el rendimiento de grano por hectárea (kg/ha) y la eficiencia hídrica (kg/m^3).

Resultados y discusión

Rendimiento por hectárea y eficiencia hídrica. No se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el rendimiento de grano por hectárea (kg/ha) y la eficiencia hídrica (kg/m^3), de las dos variedades de maíz y la aplicación de insecticida, Cuadro 1.

Cuadro 1. Comparación de medias de dos variables observadas de semilla de maíz, criolla y mejorada en un ambiente semiárido del Norte de Guanajuato, (≤ 300 mm, ciclo P-V 2024).

Var*trat {cual}	Rend grano {kg/ha}	EH {kg/m^3}
C.P c.t	576.49 a	0.33 a
C.P s.t	627.10 a	0.30 a
C.N c.t	558.69 a	0.29 a
C.N s.t	370.27 a	0.19 a
D.M.S	600.51	0.32
Prom	533.14	0.28
C.V %	0.21	0.22
Desv est	112.38	0.06

Las medias con la misma letra dentro del grupo son iguales estadísticamente (p=0.05); C.P=CAFIME Plus con/sin tratamiento; C.N.=Cónico Norteño con/sin tratamiento; DMS= diferencia mínima significativa; RG=Rendimiento de grano; EH= Eficiencia hídrica.

El rendimiento promedio de grano en los cuatro tratamientos fue de 533.1 kg/ha y una eficiencia hídrica de 0.28 kg/m^3. En su informe, el SIAP (2024) reportó en el estado de Guanajuato y en el municipio de San Luis de la Paz, eficiencia hídrica entre 0.30 y 0.28 kg/m^3. Luna (*et al.*, 2005), obtuvieron un rendimiento de

maíz de temporal variedad Cafime, de1050 kg/ha, en la región templada semiárida y árida del centro norte de México, una eficiencia hídrica de 0.57 kg/m^3. Velazco *et al.* (2020) en un ambiente con régimen de humedad mayor (705.4 mm) y con materiales híbridos, donde encontraron una eficiencia hídrica de 0.64 a 1.22 kg/m^3 en temporal. Concordando con lo que menciona Luna (*et al.*, 2005), que las variedades relativamente de bajo rendimiento pueden ser útiles en siembras donde solamente se registran 2 ó 3 aguaceros en 50-60 d, ya que miles de productores siguen sembrando maíz en estas condiciones ecológicas, tanto para grano como para rastrojo.

Medidas morfológicas del maíz. Mediante un modelo de regresión lineal, Minitab 16 ®, se determinó el aporte de cada variable morfológica al peso de grano: peso gran/mazorca {g} = -31.2757 + 5.69707*altura mazorca {cm} + 15.8244*ancho mazorca {cm} - 19.0464*grosor olote {cm} - 0.046931*granos/mazorca {núm.} Se encontraron significancias entre las variedades de maíz para el grosor del olote y largo de mazorca, teniendo menos grosor de olote, la variedad criolla y más longitud de mazorca la variedad mejorada, véase Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación de medias de medidas morfológicas semilla de maíz, criolla y mejorada en un ambiente semiárido del Norte de Guanajuato, (≤ 300 mm, ciclo P-V 2024).

Var*Trar {cual}	LM {cm}	AM {cm}	GM {núm}	GOLT {cm}
C.P c.t	7.69 b	2.49 a	79.00 a	1.82 ab
C.P s.t	7.72 b	2.80 a	86.00 a	1.93 b
C.N c.t	6.63 ab	2.39 a	77.67 a	1.53 a
C.N s.t	6.23 a	2.62 a	76.33 a	1.58 a
D.M.S	1.33	0.51	45.53	0.32
Prom	7.07	2.58	79.75	1.72
Desv est	0.75	0.18	4.31	0.19
C.V %	0.11	0.07	0.05	0.11

Las medias con la misma letra dentro del grupo son iguales estadísticamente (α=0.05); C.P=CAFIME Plus con/sin tratamiento; C.N=Cónico Norteño con/sin tratamiento; D.M.S.= diferencia mínima significativa; LM=largo de mazorca; AM= ancho de mazorca; GM= granos/mazorca; GOLT= grosor de olote.

Cada centímetro de largo de mazorca aporta en 5.69g al peso de grano/mazorca y cada centímetro de ancho de mazorca aporta 15.82g, donde podemos deducir que, genéticamente mazorcas con menor grosor de olote, proporcionan más peso a la variable dependiente grano, por lo que para este ambiente mazorcas cónicas, de diámetro ancho, cortas de longitud y menor grosor de olote, pueden ser características en la selección de genotipos para siembras posteriores. Velasco *et al.* (2020), mencionan que variedades de maíz con alto índice de conicidad (menor diámetro de mazorca) pueden adaptarse a ambientes con mayores restricciones de humedad.

Diagnóstico in situ del suelo. El "diagnóstico *in situ"* del suelo, a través del movimiento del agua en el perfil edáfico, lámina acumulada (mm) y velocidad de infiltración (mm/min), consistió en cinco puntos de muestreo, cinco días de infiltración y jornadas de seis horas. Donde en un lapso de 360 minutos en promedio ingresaron al suelo 70.55 mm con una velocidad de infiltración de 0.197 mm/min. Martínez y Osuna (2017) en un estudio realizado en un suelo *Feozem* con 30 años de manejo; rotación maíz-avena-triticale, de riego y dos tipos de labranza, encontraron para un muestreo de infiltración, método doble anillo, al final del ciclo del cultivo de maíz, una velocidad de infiltración inicial de 0.398 mm/min para barbecho + rastra y 1.566 mm/min para labranza cero, después de 120 minutos, 0.003 mm/min y 0.138 mm/min, respectivamente. En comparación con los resultados del método, diagnóstico *in situ,* después del primer tratamiento de rotura vertical (2023) y antes del ciclo de cultivo de maíz de temporal, 1.164 mm/min y 0.265 mm/min, al inicio y a dos horas del muestreo. Podemos observar claramente como el manejo convencional del suelo, afecta la entrada de agua en el perfil edáfico y también se puede deducir, que las prácticas intensivas de cosecha limitan la mejora progresiva del suelo, posiblemente por el tránsito de maquinaria en condiciones de humedad edáfica significativa.

Conclusiones

La variedad mejorada CAFIME Plus, tuvo buena adaptabilidad a las condiciones ambientales que se presentaron en la zona de estudio. La eficiencia hídrica, estuvo por debajo del promedio del estado, sin embargo, es un punto de referencia para estudios posteriores. Esta región ambiental el aprovechamiento del agua en la producción de cultivos de temporal se vuelve cada vez más difícil. Se pretende se siga promoviendo el uso de la labranza de conservación en más unidades de producción.

Agradecimientos
Un agradecimiento especial a Eleazar Pérez y Domingo Ramírez, por el trabajo en campo y la toma de muestras para su evaluación. Al INIFAP, Sitio Experimental Norte de Guanajuato y Campo Experimental Bajío por la capacitación en el manejo de tecnologías que se utilizaron en estudio.

Fuente financiadora
Este estudio se realizó con apoyo del INIFAP, Sitio Experimental Norte de Guanajuato y Campo Experimental Bajío.

Referencias bibliográficas

FAO. 2012. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. FAO, Riego y Drenaje, Núm 66. FAO, División de Tierra y Agua, Roma, Italia. Recuperado de internet: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/82bd842b-862d-4e51-8794-d80156ddab2e/content&ved=2ahUKEwjqsLjy3cuNAxUdI0QIHTpkDiMQFnoECGwQAQ&usg=AOvVaw35wEN9miafGiS_JjzErmg9

Luna, F. M., Gutiérrez, S. J., Peña, R. A., Echaverría, C. F. y Martínez, G. J. (2005). Comportamiento de variedades precoces de maíz en la región semiárida y árida del centro-norte de México. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 28. pp. 39 – 45. Recuperado de internet: https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/1143/1077

Martínez, G. M. y Osuna, C.E. (2017). Impacto de la agricultura de conservación en propiedades físicas del suelo y rendimiento de la rotación maíz-avena/triticale forrajero de riego**.** INIFAP. Centro de Investigación del Noreste. CIRNE-INIFAP. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. Folleto Técnico No.1. Imprenta CAMPIZZO, San Luis Potosí, S.L.P. Tiraje de 500 ejemplares. Diciembre 2017 ISBN: 978-607-37-0877-7. Recuperado de internet: https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_folletotecnico/1057_4740_Impacto_de_la_agricultra_de_conservaci%c3%b3n_en_propiedades_f%c3%adsicas_del_suelo_y_rendimiento_de_la_rotaci%c3%b3n_ma%c3%adz-avenatriticale_forrajero_de_riego.pdf

SIAP (2024). Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Cierre agrícola 2024. Producción Agrícola. Ciclo: Cíclicos-Perennes. Modalidad: Temporal. Maíz para grano (ton) en San Luis de la Paz, Gto y el Estado Guanajuato. Consulta en internet: http://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/

Velazco, G. A., García, Z. J., Sahagún, C. J., Lobato, O. R., Sánchez, A. C. y Marín, M. M. (2020). Análisis de la variabilidad morfológica de maíces nativos y exóticos en Valles Altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 43. pp. 517 – 524. Recuperado de internet:
https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/372

MODELO DE TRANSPIRACIÓN PARA CULTIVO DE HORTALIZAS EN TORRES HIDROPÓNICAS VERTICALES

Manuel Felipe López-Mora[1]*, María Lorena Solano-Betancourt[1], María Fernanda Quintero-Castellanos[1], María de la Luz Guerrero-González[1], Pablo Delgado-Sánchez[1], Carlos Alberto González-Murillo[2]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí; [2]Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia
*Autor para correspondencia: a348508@alumnos.uaslp.mx

Palabras clave: Déficit de presión de vapor, grados día de desarrollo, agricultura vertical.

Introducción

En México el 33% de las tierras cultivadas utilizan riego (7.3 Mha), actividad que consume el 75% de las extracciones totales de agua por año (67,110 Mm^3), sin embargo, solo el 2% de esta área utiliza sistemas de riego localizado (167,000 ha) con eficiencias de aplicación superiores al 90%, de las cuales el 9% están destinadas a la producción de hortalizas (14,400 ha), es decir, solo el 2% del área total de producción de hortalizas en el país, utiliza sistemas de riego altamente eficientes (FAO, 2022). Por tanto, es necesario aumentar el número de hectáreas regadas de forma eficiente. En consecuencia, recientemente se ha incrementado el uso de cultivos verticales como sistemas de producción de alimentos con altos rendimientos, que reducen el área cultivable, el consumo de agua en más de un 70% y el uso de fertilizantes en más de tres veces en comparación con la agricultura tradicional (López Mora *et al.*, 2025). Este tipo de agrosistemas recirculan continuamente el agua y los nutrientes y utilizan como técnica de cultivo la hidroponía, debido a esto, la demanda hídrica se puede estimar directamente como el agua transpirada por la planta, información imprescindible para que el sistema de fertirriego funcione correctamente. Por otro lado, la modelación aplicada a los cultivos y sus procesos es una herramienta útil en la optimización de recursos y control climático (López-Cruz *et al.*, 2018). De esta manera, el propósito de investigación fue determinar un modelo que simplifique y estime la transpiración en función de variables fácilmente medibles como los grados día de desarrollo y el déficit de presión de vapor, de hortalizas cultivadas en un sistema de agricultura vertical en condiciones de invernadero; el cual sea útil en la gestión eficiente del agua.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en otoño del 2024, en un invernadero ubicado en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. La especie vegetal utilizada fue acelga (*Beta vulgaris* L.) de la variedad '*Fordhook Giant*'. El trasplante se llevó a cabo cuatro semanas después de la germinación para garantizar que cada plántula tuviera mínimo tres hojas verdaderas. El cultivo vertical consistió en un conjunto de nueve torres verticales Tiruss® de 1.6 m de altura y 45 plantas de capacidad cada una. En la parte inferior, cada torre tenía un depósito de 20 L, el cual almacena la solución nutritiva y contiene una bomba sumergible capaz de impulsar la solución nutritiva hasta el difusor localizado en el extremo superior de la torre. Las torres se distanciaron a 1.2 m x 1.5 m entre pasillos, conFigurando una densidad de 25 plantas·m^{-2}. Para la nutrición del cultivo se utilizó la solución nutritiva de Steiner (mM): 12 (NO_3^-), 1 ($H_2PO_4^-$), 3.5 (SO_4^{-2}), 7 (K^+), 4.5 (Ca^{+2}) y 2 (Mg^{+2}), la cual fue renovada cada 15 días. Se realizaron cinco riegos por día con una duración de 15 minutos cada uno.

El modelo se basó en un modelo de regresión lineal múltiple de primer orden con dos variables independientes. Específicamente la transpiración acumulada (Tr_{ac}, ml·planta^{-1}) está en función de los grados día de desarrollo (GDD, °C) y el déficit de presión de vapor (DPV, kPa), donde los (β_j) son los coeficientes de regresión y (ε) es el error aleatorio (Ecuación 1).

$$Tr_{ac} = \beta_0 + \beta_1 \cdot GDD + \beta_2 \cdot DPV + \varepsilon \qquad \text{Ecuación 1}$$

Los coeficientes de regresión se estimaron mediante la herramienta de análisis Regresión de Excel®, la cual utiliza el método de mínimos cuadrados para ajustar el modelo lineal al conjunto de datos medidos.

Los grados día de desarrollo (GDD, °C) se calcularon con base en la Ecuación 2, cuya expresión está en función de la temperatura máxima diaria (T_{max}, °C), la temperatura mínima diaria (T_{min}, °C) y la temperatura base (T_{base}, °C) por debajo de la cual la planta no crece. La T_{base} utilizada fue de 4.4 °C. Además, sí $T_{max} < T_{base}$, entonces $T_{max} = T_{base}$, y si $T_{min} < T_{base}$, entonces $T_{min} = T_{base}$.

$$GDD = [0.5 \cdot (T_{max} + T_{min})] - T_{base} \quad \text{Ecuación 2}$$

El déficit de presión de vapor (DPV, kPa) se calculó con base en las ecuaciones 3 a 6. Particularmente, el DPV se determinó como la diferencia entre la presión de saturación de vapor (e_s, kPa) y la presión real de vapor (e_a, kPa), Ecuación 3. Por otra parte, la e_s fue el promedio entre la presión de saturación de vapor (e^o, kPa) evaluada a la temperatura máxima diaria e^o (T_{max}) y la temperatura mínima diaria e^o (T_{min}), Ecuación 4. La e^o se calculó con base en la Ecuación 5, en función de la temperatura del aire (T, °C), ya sea T_{max} o T_{min}. En tanto, para el cálculo de la e_a se utilizó la Ecuación 6, cuya expresión está en función de la presión de saturación de vapor a la temperatura máxima y mínima diaria, la humedad relativa máxima diaria (HR_{max}, %) y la humedad relativa mínima diaria (HR_{min}, %).

$$DPV = e_s - e_a \quad \text{Ecuación 3}$$

$$e_s = 0.5 \cdot [e^o (T_{max}) + e^o (T_{min})] \quad \text{Ecuación 4}$$

$$e^o = 0.6108 \cdot \exp[(17.27 \cdot T) \cdot (237.3 + T)^{-1}] \quad \text{Ecuación 5}$$

$$e_a = 0.5 \cdot [e^o (T_{min}) \cdot (HR_{max} \cdot 100^{-1}) + e^o (T_{max}) \cdot (HR_{min} \cdot 100^{-1})] \quad \text{Ecuación 6}$$

La temperatura y humedad relativa del cultivo vertical se midieron con una frecuencia de 15 min mediante tres sensores *datalogger* Elitech® RC-51H ubicados a una altura de 0.8 m sobre el nivel de suelo, a lo largo de 11 días. En tanto, la transpiración diaria se midió registrando la pérdida de peso en el depósito de cada torre vertical. El análisis estadístico consistió en un ANOVA ($p < 0.05$) para evaluar la significancia del modelo de regresión y los términos que lo componen. Además, se calculó el coeficiente de determinación R^2 y error estándar (EE) para determinar la calidad de ajuste del modelo.

Resultados y discusión

La Ecuación 7 del modelo de regresión propuesto de transpiración acumulada es altamente significativa y estadísticamente válida ($p<0.001$) con una alta bondad de ajuste frente a los datos medidos, pues el 99.6% de la variación de la transpiración puede ser explicada por los grados día de desarrollo del cultivo (GDD) y el déficit de presión de vapor (DPV). Además, el error estándar fue de 4 mL·planta^{-1}, evidenciando la cercanía con las mediciones. Esto se observa con mayor claridad en la Figura 1-a, donde el modelo se ubicó dentro del error estándar que presentaron cada una de las mediciones realizadas, excepto para los 33 y 40 días después del trasplante (DDT), puntos en los cuales, el modelo subestimó la transpiración. El gráfico de dispersión entre los valores reales y los pronosticados por el modelo (Figura 1-b), muestra como estos dos puntos quedaron por debajo de la recta con pendiente unitaria.

$$Tr_{ac} = -1{,}017.31 - 9.20 \cdot DPV + 0.74 \cdot GDD \quad \text{Ecuación 7}$$

Respecto a los coeficientes individuales, el DPV tuvo un efecto negativo y significativo ($p=0.012$), dicho descenso puede ser explicado debido a que la temperatura máxima diaria a lo largo del tiempo de medición también descendió progresivamente (Figura 1-e); mientras que, los GDD presentaron un efecto positivo y aún más significativo ($p<0.001$), donde por cada grado día acumulado la transpiración aumenta 0.74 mL·planta^{-1}. En conjunto, todos los coeficientes de regresión, incluido el intercepto fueron estadísticamente significativos.

Particularmente, la alta incidencia que presentó los GDD o unidades de calor sobre la transpiración acumulada es un resultado esperado, pues múltiples procesos de crecimiento y desarrollo de los cultivos incluido el consumo hídrico se ven fuertemente influenciados por acción de la temperatura, parámetro fundamental para pronosticar la duración de las diferentes etapas fenológicas de los cultivos, estimar los rendimientos potenciales en condiciones óptimas y planificar actividades como el fertirriego con base en modelos de consumo hídrico (De Medeiros *et al.*, 2016).

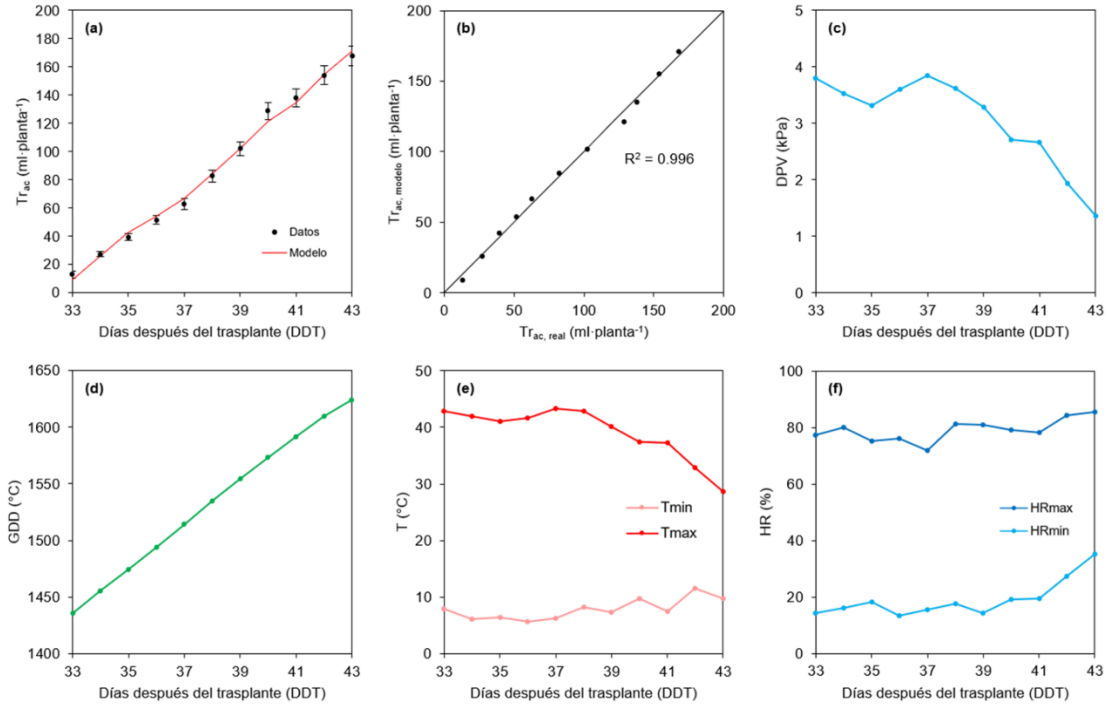


Figura 1. (a) Datos y modelo de transpiración; (b) gráfico de dispersión de los valores reales vs. valores pronosticados por el modelo, (c) déficit de presión de vapor, (d) grados día de desarrollo, (e) temperatura y (f) humedad relativa.

Conclusiones

Los grados día de desarrollo y el déficit de presión de vapor son parámetros simples de medir y útiles en la estimación de la transpiración acumulada de hortalizas hidropónicas verticales bajo invernadero. Sin embargo, el modelo propuesto debe ser ajustado para todo el tiempo de cultivo, para distintas condiciones climáticas y especies, para validar su fiabilidad en el pronóstico de la demanda hídrica total y aplicación efectiva en la gestión hídrica en este tipo de agrosistemas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al grupo de investigación RNM 151 PAIDI-UAL, el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP, la Comercializadora Greenhow® S.A. de C.V. y SECIHTI.

Referencias bibliográficas

De Medeiros, G. A., Daniel, L. A., & Fengler, F. H. (2016). Growth, Development, and Water Consumption of Irrigated Bean Crop Related to Growing Degree-Days on Different Soil Tillage Systems in Southeast Brazil. *International Journal of Agronomy*, 2016, 1–7. https://doi.org/10.1155/2016/8065985

FAO. (2022). Water use, water resources, and irrigation and drainage development [Base de datos]. FAO AQUASTAT Dissemination System. https://data.apps.fao.org/aquastat/?lang=en

López Mora, M. F., Solano Betancourt, M. L., Borgovan, C., González Murillo, C. A., Quintero Castellanos, M. F., & Guzmán Palomino, J. M. (2025). Resource Efficiency of Swiss Chard Crop in Vertical Hydroponic Towers under Greenhouse Conditions. *Proceeding of the 2nd International Electronic Conference on Horticulturae*, 1, 89. https://sciforum.net/paper/view/23040

López-Cruz, I. L., Fitz-Rodríguez, E., Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A., & Kacira, M. (2018). Development and analysis of dynamical mathematical models of greenhouse climate: A review. *European Journal of Horticultural Science*, 83(5), 269–279. https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.5.1

DIAGNÓSTICO CONTINUO DEL CICLO DE SORGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Mario Marín Silva-Serna[1*], Samuel Puente-Guillen[2] y Florencia Alejandro-Allende[1]

[1]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. CP 88900. Río Bravo, Tamaulipas. [2]Patronato para la Investigación Fomento y Sanidad Vegetal.
*Autor para correspondencia: silva.mario@inifap.gob.mx

Palabras clave: Diagnóstico agrícola, predicción de cosecha, estimación de rendimiento.

Introducción

Conocer el estado de la actividad agrícola de una región en tiempo real, permite diagnosticar y diseñar estrategias de atención a la problemática presente. El INIFAP a través del Campo Experimental Río Bravo, convino con los productores agrícolas de la región norte de Tamaulipas, la entrega de boletines donde se hace una descripción de las condiciones de precipitación ocurrida entre septiembre y abril del 2022, como elemento de análisis de la condición de humedad de los perfiles de suelo, así como un análisis del estado actual de las tierras en uso agrícola mediante recorridos de verificación del estatus de preparación de suelos, fechas de siembra, condiciones de establecimiento del cultivo, evolución del dosel vegetal, pronóstico de cosecha al momento de floración y estimación de volumen de cosecha al final del ciclo agrícola.

Objetivo

Desarrollar un método descriptivo de las condiciones en que se desempeña la agricultura de 750 mil ha en la región Norte de Tamaulipas, que sirva como elemento en la toma de decisiones para las organizaciones de productores, así como las instancias de gobierno y empresas de servicios.

Materiales y métodos

Transectos de muestreo. Con el fin de visualizar el estado de los cultivos en la región, se realizaron recorridos con una longitud de 250 km, con detenciones aleatorias en 50 predios para cotejar desde los caminos y entre los surcos a través corroboración en campo y lo que los satélites describen a su paso por la región.

Análisis de precipitación. Se lleva una contabilización de las lluvias acumuladas desde el mes de septiembre del 2021, con el propósito de considerar la época de recarga de los perfiles de suelo con humedad para el ciclo en curso, y las ocurridas durante el desarrollo del cultivo hasta la etapa de floración. Así como hacer un comparativo de lo ocurrido contra lo que dictan las normales climáticas de la región (Silva y Hess, 2001).

Avance del ciclo. En el ciclo OI (2021-2022) se hizo una apertura de fechas de siembra para sorgo, en respuesta a la ocurrencia de lluvias recurrentes durante el invierno. La falta de calor y el exceso de agua tuvieron aletargado el proceso de siembra, son un aliciente para ciertas malezas y un detractor de la acción de los herbicidas no selectivos que se usan en esta época.

Preparación de los suelos. De manera tradicional, la preparación de los suelos en la región se realiza bajo la influencia de diversos factores: condiciones de humedad, disponibilidad de recursos, estado de la maquinaria e implementos, preferencias y experiencia del propio productor. En los recorridos, se llevó una contabilización de la condición de los predios en cuanto a preparación: sin preparar, enmalezado, rastreado, roturado.

Precios esperados para sorgo. Los precios en la bolsa de valores están en continuo cambio por variaciones en el mercado de futuros en la Bolsa de Granos de Chicago. Es necesario hacer llegar a los productores el posible nivel de precios de sus productos y que les sirva de base en su toma de decisiones.

Modelo de predicción de volumen de cosecha. Para el propósito del penúltimo boletín, se estuvo esperando la mejor imagen de satélite de la época de floración del sorgo. Fue necesario la insistencia en búsqueda de la imagen libre de nubes porque esta es una constante en esta región, una vez obtenida la imagen limpia, se estratificaron sus niveles de reflactancia y se acudió a parametrizarlos en cuanto a las características de las plantas en ellos: altura, población, distancia entre surcos e índice de área foliar con ayuda de un ceptómetro (Silva *et al*., 2004) Es necesario mencionar que finalmente la nubosidad es un benefactor ya que cuando el sorgo queda de manera secuenciada a la exposición directa de los rayos del sol, empieza a ser estresado por sequía y altas temperaturas.

La ecuación que pronostica el rendimiento esperado es:

$$RE = 83.6 + 332IAF + 2.28PP + 174IAF^2$$

Donde: RE= Rendimiento esperado de sorgo en kg ha^{-1}; IAF= Índice de área foliar; PP= Precipitación.

Resultados y discusión

Este método de seguimiento del desempeño de ciclos agrícolas es una descripción de cómo evolucionan los cultivos (en este caso sorgo) a lo largo de su estancia en campo, además, de que tan bien está haciendo su parte el productor y su contraparte el clima, sirve para la toma de decisiones intermedias en cuanto a la aplicación de insumos y disposición de financiamiento, y finalmente, tener una visión de los volúmenes de grano a cosechar para la previsión de apoyos necesarios y planeación de la operativa de . cosecha. De la aplicación del método de pronóstico en el cual se integran superficies, estratos y rendimiento en casa uno de ellos, se obtiene este Cuadro 1.

Cuadro 1. Rendimiento, superficie y volumen de cosecha en cada DDR y estrato de productividad.

Nivel	Superficie (ha)	IAF	PP (mm)	Rendimiento (t ha^{-1})	Volumen (t)
			Reynosa		
Alto	3,137.0	2.8	450.0	3.375	10,587.375
Medio	36,303.0	2.0	400.0	2.335	84,767.505
Bajo	50,197.0	1.4	350.0	1.673	83,979.581
			Control		
Alto	29,399.0	2.8	350.0	3.147	92,518.653
Medio	180,772.0	2.0	300.0	2.107	380,886.6
Bajo	102,968.0	1.4	250.0	1.445	148,788.760
			San Fernando		
Alto	21,924.0	2.8	340.0	3.124	68,490.576
Medio	96,087.0	2.0	320.0	2.153	206,875.310
Bajo	152,657.0	1.4	300.0	1.559	237,992.260
				Volumen total	1,314,886.600

También se aplicó de manera final la estimación de rendimientos finales en los cuales se aplica el método que integra imágenes de dron, en su rango de luz visible, mediciones de altura de área vegetativa (hoja bandera) y longitud de panoja. (Silva y Rodríguez, 2018).

La ecuación que estima el rendimiento presente es la siguiente:

$$RP = 341.86 + (51.11 * AP) - (94.92 * LP) + (83.77 * Cb)$$

Donde: RP = Rendimiento presente de sorgo en kg ha^{-1}; AP = Altura de planta hasta hoja bandera en cm; LP = Longitud de panoja en cm; Cb = Cobertura vegetal.

De la aplicación de este último ejercicio, se obtuvieron resultados muy similares, aunque ligeramente superiores, en respuesta a que se presentaron lluvias el 22 de mayo que disminuyeron la presión por agua y temperaturas durante el proceso de llenado de grano.

Conclusiones

El ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022 fue relativamente normal en su desempeño, lluvias recibidas, temperaturas alcanzadas, trabajo invertido, rendimientos y volumen de cosecha obtenidos. Las

herramientas de análisis utilizadas dan elementos de emisión de juicios imparciales y toma de decisiones en las instancias gubernamentales y de organizaciones.

Agradecimientos
Al Patronato para la Investigación Fomento y Sanidad Vegetal, por el financiamiento a las actividades del presente trabajo institucional.

Referencias bibliográficas

Silva S. M. Y Hess M. L. (2001). Caracterización de clima en el norte de Tamaulipas y su relación con La Agricultura. SAGARPA. INIFAP. CIRNE. C.E. Río Bravo, Tamaulipas, México. 52 p. (Publicación Técnica N° 1).

Silva S.M., Tiscareño L. M. y Báez G. A. (2004). Predicción de volumen de cosecha de sorgo: Una aproximación Metodológica. Memorias Del XXXII Congreso Nacional De la Ciencia del Suelo. Torreón, Coahuila.

Silva S.M., Rodríguez, L. A. (2018). Generación de un modelo de predicción de rendimiento de sorgo, mediante uso de drones y verificaciones de campo. Memorias Del XLIII Congreso Nacional De La Sociedad Mexicana De La Ciencia Del Suelo, Saltillo, Coahuila.

IMPACTO DE DOS REGÍMENES DE RIEGO SOBRE EL RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO EN EL SUR DE SONORA

José Ángel Marroquín-Morales[1*], Alberto Borbón-Gracia[1], Gabriela Chávez-Villalba[1], Jesús Antonio Cantúa-Ayala[1] y Jorge Iván Alvarado-Padilla[2]

[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug, INIFAP; [2]Campo Experimental Valle de Mexicali, INIFAP.
*Autor para correspondencia: marroquin.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Riego por gravedad, estrés hídrico, rendimiento de grano.

Introducción

México es un país vulnerable a la escasez de agua, lo cual afecta directamente su producción agrícola, debido a que en gran parte del territorio nacional se encuentra clasificada como zona árida y semiárida. En estas regiones del país donde las sequías son recurrentes, la agricultura bajo riego constituye un factor clave para el desarrollo, sin embargo, la competencia por los recursos hídricos representa una de las principales amenazas para el desarrollo en estas zonas. Por lo tanto, es necesario optimizar el uso del agua sin comprometer de manera significativa los rendimientos y la calidad de los cultivos (Ojeda *et al.,* 2006). El trigo (*Triticum spp.*), junto con el maíz y el arroz, son los tres cultivos más consumidos en el mundo (Neri *et al.,* 2021). En el 2023, se sembraron más de 565,000 hectáreas de trigo en México, donde más del 90 % de la producción se realiza bajo condiciones de riego, no obstante, uno de los principales desafíos para la producción de trigo es la limitada disponibilidad de agua, y el estado de Sonora es uno de los más afectados por ser una región clasificada dentro de las áreas hidrológicas con un alto grado de estrés hídrico. A pesar de estas restricciones, Sonora lidera la producción nacional de trigo, con una superficie superior a las 260,000 hectáreas, seguido de Guanajuato, Sinaloa y Baja California. En regiones áridas y semiáridas, como el sur de Sonora, la agricultura enfrenta desafíos derivados de la inestabilidad de los recursos hídricos, la variabilidad climática y la creciente demanda de agua. En este contexto el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de líneas experimentales y nuevas variedades de trigo harinero bajo condiciones de riego normal y riego limitado, con el propósito de generar información que contribuya al desarrollo de soluciones sostenibles para el sector agrícola.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en terrenos del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del INIFAP en el ciclo otoño-invierno 2022-2023, en un suelo de textura arcillosa ubicado en el block 910 del Valle del Yaqui, Sonora. Se evaluaron las variedades comerciales (PITAHAYA M2024 y BORLAUG 100) y ocho líneas avanzadas (BLOUK #1/MUNAL/3/WBLL1, CHIPAK*2//SUP152/KENYA, MACE/5/TILILA/JUCHI/4/SERI, ONIX/KBIRD//BORL, KACHU/KIRITATI//2*BORL14, SUP152/BAJ#1/3/KACHU, WBLL1*2/BRAMBLING y BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000) provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Los materiales se evaluaron bajo dos regímenes de riego, el primero con dos riegos de auxilio aplicados en las etapas de inicio de encañe y embuche, y el segundo con cuatro riegos de auxilio distribuidos en amacollamiento, encañe, floración y llenados de grano. La siembra se realizó el 15 de diciembre del 2024 en tierra seca y posteriormente se aplicó el riego de nacencia. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar bajo un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Cada parcela experimental consistió en dos surcos de 5 metros de longitud, sembrados en doble hilera y separados a 80 cm, cubriendo un área de 8 m^2, con una densidad de siembra de 100 kg ha^{-1}. La fertilización fue de 241 unidades de nitrógeno por hectárea, en forma de urea, y 52 unidades de fósforo, en forma de fosfato monoamónico (MAP). El manejo de riegos, el control maleza y el combate de plagas y enfermedades se realizó siguiendo las recomendaciones del INIFAP. Para estimar el rendimiento de grano, se cosechó el total de la parcela (8 m^2) con una trilladora experimental. Las variables agronómicas que se midieron fueron: días a floración, días a madurez fisiológica y altura de planta.

Resultados y discusión

Los genotipos evaluados mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en días a floración (DAF), días a madurez fisiológica (DMF) y rendimiento de grano (REND). BORLAUG 100 fue el genotipo que presentó el menor rendimiento de grano ($p \leq 0.05$), seguido por la línea CHIPAK*2//SUP152/KENYA. La línea BLOUK #1/MUNAL/3/WBLL1 presento un rendimiento de 8,049 kg ha^{-1} siendo la única que supero ($p \leq 0.05$) el

rendimiento de la nueva variedad PITAHAYA M2024, mientras que el resto de los materiales presentan rendimientos estadísticamente similares entre sí (Cuadro1). Aunque algunos genotipos presentaron mayor número de días a floración y madurez como PITAHAYA M2024 y WBLL1*2/BRAMBLING, esto no se tradujo necesariamente en un mayor rendimiento. En contraste, BORLAUG 100 mostró el menor rendimiento con 7,399 kg ha^{-1}, a pesar de tener un periodo de desarrollo fenológico similar al de otros genotipos. Esto sugiere que la productividad no depende exclusivamente de la duración del ciclo fenológico, sino también de la eficiencia fisiológica y genética del genotipo. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas en altura de planta en los genotipos evaluados en los dos tratamientos de riego.

Cuadro 1. Valores medios de variables agronómicas de diez genotipos de trigo harinero, evaluados con dos y cuatro riegos de auxilio, durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, en el Campo Experimental, Norman E. Borlaug, Obregón, Sonora, México.

GENOTIPOS	DAF	DMF	AP	REND
BLOUK #1/MUNAL/3/WBLL1	78^{ef}	120^{cd}	95^{a}	8049^{a}
SUP152/BAJ#1/3/KACHU	83^{a}	121^{ab}	102^{a}	8009^{ab}
BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000	79^{de}	120^{d}	100^{a}	8007^{ab}
WBLL1*2/BRAMBLING	82^{b}	122^{a}	91^{a}	7956^{ab}
MACE/5/TILILA/JUCHI/4/SERI	80^{cd}	117^{e}	95^{a}	7843^{abc}
KACHU/KIRITATI//2*BORL14	78^{f}	117^{e}	89^{a}	7842^{abc}
ONIX/KBIRD//BORL	80^{cd}	121^{bc}	95^{a}	7762^{bc}
PITAHAYA M2024	83^{a}	122^{a}	90^{a}	7758^{bc}
CHIPAK*2//SUP152/KENYA	81^{bc}	121^{ab}	94^{a}	7672^{c}
BORLAUG 100	80^{cd}	120^{d}	96^{a}	7399^{d}
DMS ($p \leq 0.05$)	1.2	0.9	-	270.1

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; DAF: Días a floración; DMF: Días a madurez fisiológica; AP: Altura de planta (cm); REND: Rendimiento de grano kg ha^{-1}; DMS= Diferencia mínima significativa, Tukey ($p \leq 0.05$).

En el Cuadro 2 se presenta el rendimiento promedio de los genotipos evaluados bajo dos tratamientos de riego. El mayor rendimiento de grano se logró con el tratamiento que incluyó (4 RA), con un promedio de 8,704 kg ha^{-1}. Este resultado se atribuye a que el cultivo, recibió las condiciones hídricas adecuadas para cumplir con sus necesidades fisiológicas, sin experimentar estrés por falta de humedad en el suelo. Por el contrario, las reducciones en el rendimiento observadas en el tratamiento con menor disponibilidad de agua (2 RA) se deben al estrés hídrico aplicado, el cual provocó una disminución de la humedad en el suelo durante el periodo de llenado de grano, impidiendo que el cultivo expresara su máximo potencial de rendimiento. Esta condición limitó el potencial productivo del cultivo al reducir la tasa de llenado de grano y la asignación de materia seca hacia los órganos reproductivos. Además, el rendimiento y algunos de sus componentes se vieron negativamente afectados por la menor cantidad de agua aplicada. Estos resultados coinciden con los reportados por Martínez *et al.* (2020), en un estudio realizado en Celaya, Guanajuato, donde bajo condiciones de riego restringido, detectaron reducciones en el periodo de llenado de grano, el número de espigas por metro cuadrado, el rendimiento biológico, el índice de cosecha y los granos por metro cuadrado, lo que condujo a una disminución en los rendimientos. De manera similar, Solís *et al.* (2013), concluyeron que, bajo condiciones de dos riegos de auxilio el rendimiento de grano puede disminuir hasta un 15 % en comparación con el obtenido mediante tres riegos de auxilio en el cultivo de trigo. Asimismo, Thapa *et al.* (2019), indicaron que tanto el rendimiento como algunos componentes del cultivo disminuyen con la aplicación de menor agua de riego. En cuanto a los días a madurez fisiológica (DMF), se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), siendo mayores en el tratamiento con cuatro RA, mientras que los valores más bajos se registraron con dos RA. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Blum (2002), quien afirma que el déficit hídrico puede adelantar la floración y reducir los días a madurez fisiológica en el cultivo de trigo. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en los días a floración (DAF), ni en la altura de planta (AP) entre ambos tratamientos de riego. La lámina total de riego aplicada fue de 47 y 76 cm para los tratamientos con dos y cuatro riegos de auxilio, respectivamente.

Cuadro 2. Valores medios de variables agronómicas, evaluados con dos y cuatro riegos de auxilio, durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, en el Campo Experimental, Norman E. Borlaug, Obregón, Sonora, México.

TRATAMIENTOS	DAF	DMF	AP	REND
2 RA	81[a]	118[b]	90[a]	6956[b]
4 RA	80[a]	122[a]	99[a]	8704[a]
DMS (p ≤ 0.05)	-	0.4	-	270.1

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales; DAF: Días a floración; DMF: Días a madurez fisiológica; AP: Altura de planta (cm); REND: Rendimiento de grano kg ha^{-1}; DMS= Diferencia mínima significativa, Tukey (p ≤ 0.05).

Conclusiones

El mayor rendimiento de grano se obtuvo con la mayor lámina de riego; sin embargo, es posible producir trigo con dos riegos de auxilio y alcanzar rendimientos similares a la media regional, lo que hace de esta opción la más viable en escenarios de escasez de agua. No obstante, este rendimiento dependerá de factores como la variedad, el tipo de suelo y el manejo agronómico del cultivo. La aplicación de dos riegos de auxilio afecta tanto el rendimiento de grano como sus componentes, debido al estrés hídrico experimentado durante la etapa de llenado de grano. Se identificaron líneas experimentales: BLOUK #1/MUNAL/3/WBLL1, SUP152/BAJ#1/3/KACHU y BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000, con potencial de rendimiento igual o mejor que las variedades testigo.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al proyecto “Programa Nacional de Mejoramiento Genético para Generar Variedades Resistentes a Royas, de Alto Rendimiento y de Alta Calidad para una Producción Sustentable de Trigo en México” número de SIGI: 153335532

Referencias bibliográficas

Blum, A. (2002). Drought tolerance is it a complex trait? In Field Screening for Drought Tolerance in Crop Plants with Emphasis on Rice. Edited by Saxena, N.P. and O’Toole, J.C. pp. 17-22. International Workshop on Field Screening for Drought Tolerance in Rice. ICRISAT, Patancheru, India.

Martínez, C. E., Espitia, R. E., Villaseñor, M.H. E., & Hortelano, S. R. R. (2020). La productividad del trigo harinero bajo diferentes condiciones de riego. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1349-1360. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2050

Neri, J. C., Huaman, H. E., Collazos, S. R., Oliva, M., y Ix-Balam, M. A. (2021). Influencia del estrés por déficit hídrico sobre el rendimiento de cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.). *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentable,* 5(1), 73-79. https://doi.org/10.25127/aps.20211.762

Ojeda B. W., Sifuentes I. E., y H. Unland W. (2006). Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa. Agrociencia 40: 13 - 25. http://187.174.234.55/bitstream/handle/20.500.12013/1736/OT_086.pdf?sequence=1&isAllowed=

Solís, M, E., J. Huerta, E. J., Villaseñor, M. H. E., Pérez, H. P., Ramírez, R. A., Ledesma, R.L., y Cruz, G. M. L. (2013). Luminaria F2012, nueva variedad de trigo harinero para riego restringido en El Bajío. *Revista mexicana de ciencias agrícolas,* 5(2), 325-330. https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n2/v5n2a13.pdf

Thapa, S., Xue, Q., Jessup, K. E., Rudd, J. C., Liu, S. Y., Marek, T. H., Devkota, R. N., Baker, J. A., y Baker, S. (2019). Determinación del rendimiento en trigo de invierno bajo diferentes regímenes hídricos. *Field Crops Research,* 233(3), 80-87. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.018

CARACTERIZACIÓN DEL TIPO DE SUELO AGRÍCOLA DE CULTIVOS DE MAÍZ Y PRADERAS EN EL NOROCCIDENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Carlos Galdino Martínez-García, Eliot Gamaliel López-Rojas y Dalia Andrea Plata-Reyes*

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto Literario # 100, Col. Centro, 50000 Toluca, México.
*Autor para correspondencia: daplatar@uaemex.mx

Palabras clave: Aculco, calidad, edafológica, producción de leche, textura.

Introducción

La superficie agrícola registrada en México, durante el año 2024, fue de 2,939.086.00 hectáreas lo que representa aproximadamente el 1.5 % del territorio nacional donde diariamente se desarrollan cultivos estratégicos para garantizar la seguridad alimentaria y la economía del país. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ha reportado el deterioro y la disminución del suelo fértil derivado de la mecanización de la agricultura debido precisamente a la sobreexplotación, la limitada superficie y los efectos adversos del cambio climático (Duran *et al*., 2005; Torres-Torres y Rojas-Martínez, 2018). El suelo se define como la capa de material mineral no consolidado y fértil que recubre la superficie de la Tierra y que es explotado por las raíces de cultivos y especies vegetales con la finalidad de obtener, soporte, nutrientes y agua (Sotelo-Ruíz *et al*., 2020). Es decir, el suelo permite el funcionamiento de los ecosistemas al proporcionar los medios para el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos como la fotosíntesis que consiste en transformar la energía de la luz solar en energía química, utilizando agua y dióxido de carbono para producir glucosa y liberar oxígeno como subproducto necesario para los organismos vivos. El suelo también interviene en el ciclo hidrológico (Soil Survey Staff, 2022), mantiene fuertes interacciones con la atmosfera y los estratos que se encuentran por debajo de él e interviene en el clima (Doran, 1996). En los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) del noroccidente del Estado de México, el suelo agrícola se destina principalmente al cultivo de maíz ya sea de temporal o con riego. Mientras que en algunas otras unidades de producción se destaca el establecimiento de praderas de clima templado debido al acceso de agua de riego. Por lo tanto, resulta importante conocer las características del suelo agrícola donde se establecen los cultivos en los sistemas de producción del municipio de Aculco dado que a la fecha no se cuenta con estudios que se centren en la evaluación de la calidad fisicoquímica del suelo proveniente de cultivos donde se estable el maíz y el forraje de praderas con la finalidad de caracterizar e identificar áreas de oportunidad y de mejora que permitan implementar planes de gestión y manejo de este recurso natural.

Objetivo

Describir las características del suelo agrícola donde se establecen los cultivos en los sistemas de producción de leche en pequeña escala del municipio de Aculco, Estado de México dado que a la fecha no se cuenta con estudios que se centren en la evaluación de la calidad fisicoquímica del suelo proveniente de cultivos donde se establen el maíz y el forraje.

Materiales y métodos

El municipio de Aculco se ubica en la zona noroccidental del Estado de México entre las coordenadas 20° 16’ 20’’ de latitud norte y 99° 59’ 10’’ de longitud oeste (Castañeda-Martínez *et al.,* 2009) dentro de la Región III, Sistemas Urbano Regional Atlacomulco, el cual se integra por 16 municipios. Pertenece al distrito VIII de Jilotepec. La superficie que ocupa es de 453.26 kilómetros cuadrados que representan el 2.18 % del total del territorio estatal (45,326 hectáreas). La altitud de la cabecera municipal alcanza los 2450 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo con la clasificación de Köppen Aculco posee un clima templado subhúmedo que se caracteriza por un verano fresco y largo, lluvia invernal inferior a 5 % de la anual, con oscilación térmica de 5-7°C, temperatura media anual entre 12°C y 18°C. Con una precipitación media anual de 800 mm a 900 mm. La agricultura de temporal comprende 13,775.00 hectáreas y el 66.22 % de la superficie total y la agricultura de riego cubre una extensión de solo 11, 594.60 hectáreas, lo que representa el 27.68 % del municipio. Los pastizales inducidos representan alrededor de 11,139.3 hectáreas de pastos y zacates (*Gramineae*) (SEDATU, 2014). Aculco también se caracteriza porque en él se desarrollan las actividades de producción de leche en pequeña escala, con al menos 900 unidades

especializadas en producción de leche (Sainz-Sánchez *et al*., 2017). Para el estudio, se seleccionaron al azar 18 unidades de producción de leche en pequeña escala que cultivaban maíz y forraje de praderas. Se recolectaron 36 muestras de suelo; procedentes de cultivos de maíz (n=18) y de parcelas destinadas al cultivo de praderas (n=18). La recolección de las muestras de suelo se realizó durante dos días consecutivos en la época de primavera del año 2023. Se recolectaron cinco muestras de suelo por cada tipo de cultivo (maíz o pradera) para los análisis fisicoquímicos. Se delimitó el área de muestreo con un cuadrante de 25 cm^2 y una profundidad de 20-30 cm siguiendo un patrón de diagonal (Silva-Olaya *et al*., 2022). Posteriormente, las muestras se enviaron al laboratorio de fertilidad de suelos y química ambiental del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo donde se evaluó a través de los métodos de referencia la calidad del suelo en términos de: Potencial de hidrógeno (pH); Materia Orgánica (MO); Nitrógeno orgánico (N); Nitrógeno total (Nt); nitrato (NO-3); Fósforo (P); Potasio (K) y textura. Indicadores importantes para determinar la fertilidad química del suelo y sus características. Se realizó el análisis de varianza de una vía (ANOVA) para los valores promedio de las muestras de suelo del cultivo de praderas y del maíz utilizando como variable respuesta los indicadores de la calidad de suelo: Potencial de hidrógeno (pH); Materia Orgánica (MO); Nitrógeno orgánico (N); Nitrógeno total (Nt); nitrato (NO-3); Fósforo (P); Potasio (K) y textura. Para examinar las diferencias significativas ($P<0.05$) entre los valores promedio de las muestras de suelo del cultivo de maíz y de las muestras de suelo de las praderas se realizó una prueba de "t" para muestras independientes. Los datos fueron analizados con el programa estadístico SPSS versión 22.

Desarrollo

En los SPLPE se ha reportado el establecimiento de praderas con variedades de gramíneas y leguminosas que se aprovechan a través del corte y acarreo del forraje que se ofrecen en el pesebre al ganado bovino (Pincay-Figueroa *et al* 2016) o directamente en pastoreo (Plata-Reyes *et al*., 2021; Marín-Santana *et al*., 2023). El municipio de Aculco es uno de los municipios del Estado de México con mayor superficie de suelo tipo *Feozems* que cubre una extensión de 15,758.00 hectáreas, lo que representa el 38% del territorio municipal (SEDATU, 2014). El tipo de suelo *Feozems* presenta un potencial productivo para las especies de forraje y variedades vegetales que se adaptan a sus condiciones climáticas (Sotelo-Ruíz et., 2020). Sin embargo, uno de los principales problemas del suelo agrícola del municipio de Aculco, refiere la erosión ocasionada por diferentes procesos ya sean naturales o derivados de las actividades antropomórficas como la escasa vegetación consecuencia de la deforestación y la tala de bosques para uso agrícola y su posterior transformación para uso urbano cada vez más desarrollado (SEDATU, 2014).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se presentan los valores correspondientes al promedio de los indicadores de la calidad de suelo agrícola de SPLPE, procedentes de muestras de suelo de cultivo de maíz y de cultivo de praderas. Se identificó un pH promedio de 7.62 (ligeramente alcalino) característico de suelos salinos-alcalinos ($pH<8.5$) (Fertilab; 2016a). Considerando que en estos sistemas de producción se cultiva maíz y se establecen praderas con variedades de forraje de clima templado; el pH óptimo registrado oscila entre 5.5 y 8.0 (Fertilab, 2016b; INIA, 2017). diferencia entre el promedio de MO de los suelos donde se cultiva pradera con un 5.59 % (muy alto porcentaje) y los suelos donde se cultiva maíz con el 2.56% (medio porcentaje). La materia orgánica (MO), presentó diferencias estadísticamente significativas ($P<0.05$) se observó una. Se detectaron diferencias significativas ($P<0.05$) para los valores promedio de nitrógeno (N) a favor de los resultados para muestras de suelo de pradera (n=18) que a partir de los parámetros de Castellanos (2000) se encuentran como "Normal" (0.1% - 0.2%). Se identificó una media de 0.34% (n=36) y diferencias significativas ($P<0.05$) a favor del suelo de las praderas para los valores de nitrógeno total (Nt) que de acuerdo con lo mencionado por Martín (2021), es un contenido alto (<0.20). Para los valores promedio de nitrato (NO-3) se detectaron diferencias significativas ($P<0.05$) a favor del suelo del cultivo de maíz. Al respecto, en el Portalfruticola (2018) se indica que los valores aceptables deben de encontrarse en un rango de entre 126 y 504 ppm. Los resultados de este estudio presentan valores muy por debajo de la media lo que probablemente se debe a la falta de rotación de cultivos y el uso de fertilizantes sintéticos (López-Rojas *et al* 2023). Para los valores promedio de fósforo (P) y de potasio (K) no se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$) con valores promedio (n=36) de 70% excesivamente alto para el P, y un promedio de 1.45 meq/100g. No obstante, ningún suelo evaluado se encontró dentro de las condiciones óptimas. Es importante mencionar y proponer alternativas.

Cuadro 1. Valores promedio de indicadores de calidad de suelo.

Indicadores	Suelo de Pradera (n=18)	EEM	Suelo de Maíz (n=18)	EMM	Valor de P
pH	7.60 ± 0.95	0.22	7.64 ± 0.99	0.23	0.911
MO (%)	5.59 ± 2.35 [a]	0.55	2.56 ± 1.05[b]	0.24	<0.000
N (%)	0.25 ± 0.120 [a]	0.02	0.10 ± 0.05 [b]	0.01	<0.000
Nt (%)	0.28 ± 0.12 [a]	0.02	0.13 ± 0.05 [b]	0.01	<0.000
NO-3 (ppm)	22.65 ± 9.49 [b]	2.23	34.60 ± 18.21 [a]	4.29	<0.021
P (%)	78.09 ± 73.19	17.25	62.66 ± 53.36	12.57	0.475
K (meq/100g)	1.64 ± 1.12	0.26	1.26 ± 0.84	0.19	0.271
Limo	19.77 ± 4.74 [a]	1.11	16.52 ± 2.99 [b]	0.70	<0.021

pH= Potencial de hidrógeno; MO= Materia Orgánica; N= Nitrógeno orgánico; Nt= Nitrógeno total; NO-3= nitrato; P= Fósforo; K= Potasio; EEM=Error Estándar de la Media.

Finalmente, las muestras se subdividieron con base a lo presentado por Castellanos (2000) según el "Tipo de suelo" donde se identificaron los subgrupos "Fuerte" (69.44%) y "Medio" (30.56%). Castellanos (2000) menciona que los suelos de tipo "Medio" (texturas Franco arenosa, Franco arcillo arenosa, Franco limosa, y Franca Limosa) son más fáciles de labrar y manipular, lo que facilita las tareas agrícolas; por lo que, con base en los resultados observados, se entiende que sólo el 30.56 % de los suelos agrícolas evaluados cuentan con tipo de suelo óptimo, los cuales se destacan en la zona Poniente, que es la zona caracterizada por poseer una mayor posibilidad de agua de riego tanto el cultivo de maíz como para el establecimiento de praderas (Sainz-Sánchez *et al*., 2017) como puede observarse en el Cuadro 1.

Conclusiones

Los resultados presentados de muestras de suelo agrícola del cultivo maíz o pradera por zona geográfica de la región de Aculco, permiten generar un panorama respecto a las características fisicoquímicas para proponer estrategias de gestión y manejo en harás de mejor sus componentes en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

Fuente financiadora

Este trabajo fue realizado con financiamiento Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) a través del proyecto clave CF-2023-G-1065, titulo "Evaluación del desempeño agroecológico para sistemas de producción de leche más sostenibles".

Referencias bibliográficas

Durán, E., J. F. Mas y A. Velázquez. 2005. Land Use/Cover Change in CommunityBased Forest Management Regions and Protected Areas in Mexico. Pp. 215-238. En: D.B. Bray, L. Merino-Pérez y D. Barry (Eds.). The Community Forests of Mexico. University of Texas Press, Texas. (ISNB 0-292-70637-5)

Sotelo Ruiz, Erasto Domingo, Cruz Bello, Gustavo, González Hernández, Antonio, y Flores López, Román. 2020. Actualización de la cartografía edafológica del Estado de México: una herramienta para la planeación. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *11*(8), 1775-1788. Epub 13 de diciembre de 2021.https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.1975

Soil Survey Staff. 2022. Keys to Soil Taxonomy, 13th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service.

Torres-Torres Felipe y Rojas-Martínez Agustín. 2018. Suelo agrícola en México: retrospección y prospectiva para la seguridad alimentaria. *Reality, data and space international journal of statistics and geography*, *9* (3) 137-155. e-ISSN 2395−8537.

CONTENIDO CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS CAFETALEROS DE COATEPEC, VERACRUZ BAJO DENSIDADES DE SOMBRA ARBÓREA MENOR AL 45%

Eva Aurora Bautista-Calderon[1,2*], Robert Manson[2], César Mateo Flores-Ortiz[3], María Toledo-Garibaldi[4], Flor Gabriela Vázquez-Corzas[4], Gabina Sol-Quintas[4], Samuel Melchor[4], Daniel Cabrera-Santos[3], Maraeva Gianella[5], Tiziana Ulian[6]

[1*]CENID-RASPA, INIFAP, [2]Instituto de Ecología A.C, [3]Universidad Nacional Autónoma de México, [4]Pronatura Veracruz A.C, [5]Royal Botanic Gardens, [6]University of Turin
*Autor para correspondencia: bautista.eva@inifap.gob.mx

Palabras clave: Carbono orgánico, sistemas agroforestales de café, cambio climático.

Introducción

El cambio climático (CC) es un problema crucial para nuestra época, presenta un desafío significativo para los sistemas agrícolas y los servicios ecosistémicos. El CC afecta los patrones de precipitación y temperatura, provocando olas de calor, sequias prolongadas y severas, lluvias impredecibles, granizadas, vientos fuertes, huracanes e inundaciones cada vez más severas y frecuentes. La producción de café constituye una de las actividades agrícolas de mayor relevancia a nivel mundial (FAO, 2022). Sin embargo, *C. arabica* se ve amenazado por el CC, es altamente sensible a variaciones climáticas, especialmente a incrementos en las temperaturas máximas muy por encima del promedio y cambios en los patrones de precipitación. Frente a estos desafíos, la promoción de prácticas agroforestales representa una estrategia clave para aumentar la resiliencia de los sistemas productivos (Avelino *et al.* 2020). Por lo cual el presente trabajo busca comprender el impacto que tiene la densidad de la cobertura aérea asociada a las plantaciones de café.

Objetivos

Estimar el potencial de captura de carbono en los estratos hojarasca, mantillo y suelo en sistemas agroforestales de café bajo dos densidades de sombra menores al 45%.

Materiales y métodos

1. Área de estudio: se realizó en la zona montañosa central del estado de Veracruz, en la región cafetalera de Coatepec. El área de estudio comprende los municipios de Coatepec (18° 48´ y 19° 05´, y 99° 43´ y 99° 54´) y Xico (19° 26´10.11´´ N; 096° 59´6.98´´ O). Veracruz es considerado la segunda entidad productora más importante para la producción de café en México. Coatepec es una zona importante en la producción de café; sin embargo, actualmente enfrenta retos relacionados con la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

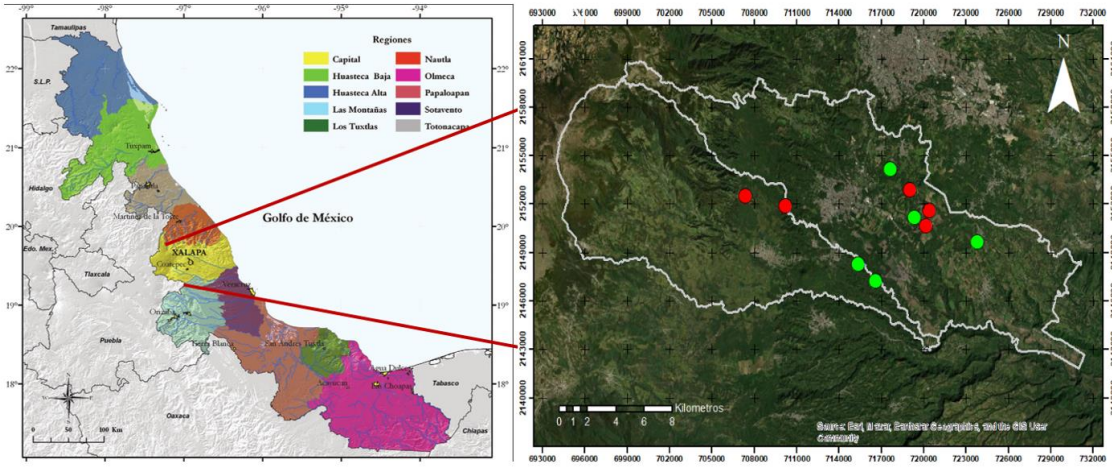


Figura 1. Mapa del área de estudio que indica la ubicación de los diez sistemas agroforestales de café con diferente densidad de sombra. Estado de Veracruz (derecho) y la zona de estudio (derecha).

2. Selección de los sitios de muestreo: se aprovechó como punto de partida el contacto con los productores de café que participaron en talleres de jerarquización de especies arbóreas para enriquecer la sombra, utilizando datos sobre el nivel de amenaza, utilidad para los productores y capacidad de capturar carbono (Flores-Ortiz *et al*., 2025). Además, se realizaron recorridos de campo para el reconocimiento de fincas cafetaleras que tuvieran una superficie igual o menor a una hectárea (ha), con manejo de café bajo sombra, accesibles a caminos y carreteras, que tuvieran al menos 15 años como cafetal.
3. Estimación de las reservas de carbono: Las reservas de carbono en las fincas de café se evaluaron utilizando tres transectos de 500 m² (10 m x 50 m) colocados aleatoriamente dentro de cada parcela. Se colocaron aleatoriamente cuatro cuadrantes de 0.25 m² (0.5 m × 0.5 m), sumando un total de 12 cuadrantes por parcela, donde se recolectó material compuesto por hojarasca y mantillo (n = 12). Para estimar la biomasa en hojarasca se utilizó la fórmula: BH = (PSM/PFM) x PFT) x F. Donde: BH = biomasa herbácea, materia seca (Mg ha^{-1}), PSM = peso seco (g) de la muestra colectada, PFM = peso fresco (g) de la muestra colectada, PFT = peso fresco total (g/m2) y se usó F=0.1 como factor de conversión para el estrato hojarasca y F=0.4 para el estrato mantillo. Para la estimación del carbono orgánico del suelo (COS), se recolectaron muestras de suelo dentro de un cuadrante de 0.25 m². Se tomaron cuatro submuestras de suelo por cada profundidad de muestreo (0–15 cm y 15–30 cm) en cada transecto. Las submuestras correspondientes a cada profundidad se homogenizaron para formar una muestra compuesta. por transecto. De este modo, en cada parcela se obtuvieron tres muestras compuestas por profundidad, las cuales fueron trasladadas al laboratorio para su análisis. Para la determinación de la densidad aparente del suelo (ρb), se empleó un cilindro muestreador de PVC de volumen conocido. El COS se calculó por profundidad y se utilizó la siguiente ecuación (Etchevers *et al*., 2005): COS(Mg/ha) =%C*P*ρb. Donde: COS= contenido de carbono orgánico del suelo (Mg ha^{-1}), %C = porcentaje de carbono obtenido del analizador automático, P = Profundidad de muestreo (m), ρb= Densidad aparente (Mg m^{-3}).
4. Análisis estadístico: se consideraron como variables independientes los distintos estratos analizados (hojarasca, mantillo y suelo), mientras que las variables dependientes fueron el contenido y almacén de carbono. Los datos obtenidos se sometieron a las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett, con el propósito de verificar la normalidad y la homogeneidad de varianzas, respectivamente. Además, se realizó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA) seguido de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para probar las fuentes significativas de variación en términos de los almacenes de carbono y la relación C:N.Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa Statistical Analysis System, versión 9 (SAS Institute Inc., 2011). Los valores reportados son promedios con su desviación estándar.

Resultados y discusión
El estrato hojarasca reportó un contenido promedio de 0.963 ± 0.374a Mg·ha^{-1} ($F = 0.62$; $p > 0.05$), mientras que el estrato mantillo presentó un contenido promedio de 8.23 ± 6.34b Mg·ha^{-1} ($F = 0.00076$; $p > 0.05$). La acumulación de carbono en la materia orgánica superficial, compuesta por hojarasca y mantillo, está fuertemente influenciada por el tipo de vegetación dominante y la cobertura del dosel. Estos factores modifican el microclima del suelo al regular la temperatura y la humedad relativa, elementos claves en el proceso de división de residuos orgánicos. Los valores de carbono obtenidos para el estrato de hojarasca en cafetales fueron similares a los reportados por Espinoza *et al*. (2012), quienes estimaron 1.9 Mg ha^{-1} en cafetales de Veracruz. Estos valores sugieren una dinámica de revisión activa, probablemente por la mayor incidencia de luz y mayor temperatura del suelo en estas condiciones. En conjunto, estos hallazgos refuerzan la importancia del estrato arbóreo como el componente más importante de la biomasa vegetal total particularmente en condiciones de sombra elevada.
A lo largo de la región productora de café en Coatepec, los suelos representan un reservorio importante y constante de carbono. La concentración de carbono en el suelo (g·kg^{-1}) mostró una tendencia decreciente con el aumento de la profundidad. En los primeros 15 cm del suelo se registró una concentración promedio de 74.33 ± 53.00ª g·kg^{-1}, mientras que a los 30 cm de profundidad esta disminuyó a 36.39 ± 6.81ᵇ g·kg^{-1} ($F = 0.00057$; $p > 0.05$), observándose diferencias estadísticas significativas en la concentración de carbono en función de la profundidad del suelo. Esto se debe a que el COS está estrechamente vinculado a la materia orgánica del suelo, cuya mayor acumulación y actividad microbiana ocurre en los primeros 10 cm de profundidad. Por ello, su concentración tiende a disminuir conforme se profundiza el perfil del suelo. En cuanto a la relación C: N en los suelos, esta aumentó conforme a la profundidad. En la capa superficial del suelo (0-15 cm) se presentó una relación de 12.39 ± 1.98cb. Para la capa sub-superficial del suelo (15-30 cm), la relación C: N fue de 10.92 ± 1.79c, lo que sugiere una menor disponibilidad relativa de nitrógeno en los horizontes más profundos, posiblemente asociada a una menor actividad microbiana y menor

incorporación de residuos orgánicos frescos. Este indicador es importante, derivado a que es clave para evaluar la calidad de la materia orgánica del suelo y la eficiencia de los procesos de descomposición y humificación. Finalmente, el almacenamiento total de C fue de 132.58 Mg·ha⁻¹.

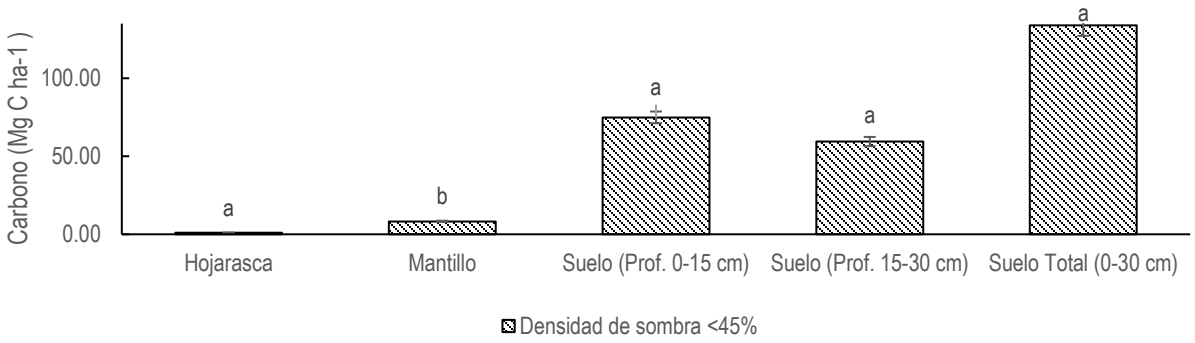


Figura 2. Contenido de carbono almacenado en el estrato hojarasca, mantillo y suelo para fincas cafetaleras con densidades de sombra menores al 45%.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio tienen implicaciones importantes para iniciativas de mitigación del cambio climático basadas en la conservación y el manejo sostenible del carbono. En este contexto, mantener o incrementar la cobertura arbórea y las prácticas de manejo que favorezcan la acumulación de materia orgánica en el suelo puede considerarse una estrategia efectiva de carbono evitado, al prevenir la liberación de CO_2 que ocurriría si estos sistemas fueran degradados o convertidos a usos menos sostenibles. Este potencial puede ser cuantificado y valorizado en mercados voluntarios de carbono, donde los productores podrían recibir incentivos económicos por mantener prácticas que aseguren el secuestro de carbono o eviten su emisión, en línea con iniciativas como REDD+ o Plan Vivo. Además, puede servir como base técnica para formular proyectos de certificación de carbono adaptados a pequeños productores cafetaleros, fortaleciendo así la economía rural y la resiliencia climática.

Agradecimientos y fuente financiadora

Esta investigación forma parte del proyecto “Mejorando el secuestro de carbono y los medios de vida en plantaciones de café de sombra en el estado de Veracruz, México”, liderado por el Real Jardín Botánico de Kew, en colaboración con la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México, en alianza con Pronatura Veracruz A.C. Fue financiado por UK PACT México y cuenta con el apoyo de la Embajada del Reino Unido en México.

Referencias bibliográficas

Avelino, J., Vilchez, S., Segura-Escobar, M. B., Brenes-Loaiza, M. A., Virginio Filho, E. D. M., & Casanoves, F. (2020). Shade tree Chloroleucon eurycyclum promotes coffee leaf rust by reducing uredospore wash-off by rain. *Crop Protection*, *129*, 105038.

Espinoza-Dominguez, W., Krishnamurthy, L., Vázquez-Alarcón, A., & Torres-Rivera, A. (2012). Carbon stocks in agroforestry systems with coffee plantations. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, *18*(1), 57-70.

Etchevers, B. J., Monreal, C. M., Hidalgo, C., Acosta, M., Padilla, J y López, R. M. (2005). Manual para la determinación de carbono en la parte aérea y subterránea de sistemas de producción en laderas. Ed. Colegio de Postgraduados. México. 29

Flores-Ortiz, C. M., Dávila, P., Rodríguez-Arévalo, I., Manson, R. H., Toledo-Garibaldi, M., Cabrera-Santos, D., ... & Ulian, T. (2025). Prioritisation of native trees for enhancing carbon sequestration in shade-grown coffee plantations in the State of Veracruz (México): linking conservation and ecological traits to community needs. *Agroforestry Systems*, *99*(3), 1-22.

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO (2022) Markets and trade: Coffee. FAO. https://www.fao.org/markets-and-trade/commodities/coffee/en/

MODELOS DE IDONEIDAD AMBIENTAL DEL CAFÉ Y LA ROYA DEL CAFETO EN MÉXICO Y CENTROAMÉRICA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Eliud Hernández-Castillo[1]*

[1]Laboratorio de Análisis Espaciales, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México
*Autor para correspondencia: eliud.hedz.c1701@gmail.com

Palabras clave: Café, roya, idoneidad.

Introducción

El cambio climático se relaciona con la disminución del rendimiento y la idoneidad ambiental de los cultivos, así como con el incremento de la incidencia de patógenos asociados a los sistemas agrícolas (IPCC, 2022). En Latinoamérica, la caficultura desempeña un rol crucial en las estructuras sociales, económicas y culturales de la región. Esta actividad tiene como eje principal la explotación del cafeto arábigo (*Coffea arabica*), una planta de la familia Rubiaceae cuyos frutos y semillas son cosechados para elaborar la bebida del café. No obstante, la presencia de patógenos compromete la salud de los cafetos, así como los medios de vida de los productores. El hongo *Hemileia vastatrix* es el agente causal de la roya del cafeto, una de las enfermedades más devastadoras para los cultivos de café. Una de las metodologías recurrentes para evaluar la respuesta de las especies al cambio climático es el uso de modelos estadísticos, los cuales utilizan asociaciones cuantitativas entre el desempeño de las especies y el clima basado en observaciones y registros conocidos (IPCC, 2022). Por su relevancia económica y cultural, el café ha sido objeto de análisis que evalúan la idoneidad ambiental del cultivo en el presente y para el futuro bajo los efectos del cambio climático (Bunn *et al*., 2018). No obstante, pocos trabajos exploran el comportamiento de patógenos agrícolas bajo las condiciones que plantean los escenarios climáticos en una región altamente vulnerable como lo es México y Centroamérica. Por ello, es relevante estimar las áreas de distribución potencial para el café y la roya en un contexto de cambio climático y contrastar con las distribuciones conocidas para el presente. Por lo tanto, el objetivo fue generar modelos de la distribución actual y futura para las dos especies, así como estimar áreas de ganancia, pérdida y estabilidad para ambas bajo tres horizontes temporales.

Materiales y métodos

Los registros de ambas especies se consultaron en fuentes de información directas (colecciones biológicas) y plataformas de libre acceso. Se realizó la depuración y limpieza de las bases para descartar registros duplicados y valores nulos en las coordenadas geográficas. Se seleccionó el área que comprenden México y Centroamérica como área de calibración. Las variables ambientales utilizadas en la modelación fueron 6 capas bioclimáticas seleccionadas del sitio Worldclim. Las superficies fueron procesadas con el sistema de información geográfica QGIS Desktop 3.36.3 e integradas al software de modelación. Para la roya, adicional a las capas climáticas, se incluyeron los modelos continuos de *C. arabica* como variables ambientales en la estimación de la distribución potencial presente y futura. Los modelos de distribución potencial de ambas especies se realizaron con el software Maxent 3.4.4. La información de los registros fue separada aleatoriamente en una proporción de 70/30, donde la mayor parte de los datos fueron utilizados para calibrar el modelo y el resto sirvió para la etapa de validación. Los parámetros del modelo se ajustaron para generar cinco réplicas con un proceso de validación cruzada de los datos. Los modelos resultantes fueron binarizados a partir del valor promedio del umbral *Maximum training sensibility plus specificity*. Las proyecciones fueron obtenidas de Worldclim con una resolución de 30 segundos de arco. Se definieron tres horizontes temporales (2021-2040, 2041-2060 y 2061-2080) bajo un escenario climático tendencial (SSP3-7.0) para contrastar la distribución actual de las especies con la del futuro. Para evaluar el cambio en la distribución de ambas especies, se superpusieron los mapas binarios de cada horizonte con el de la distribución actual. Esto permitió realizar las operaciones necesarias para estimar áreas de ganancia, pérdida y estabilidad bajo las condiciones climáticas que plantea el escenario SSP3-7.0.

Resultados

Se generaron mapas de idoneidad ambiental para el café y la roya, así como las proyecciones de cada especie bajo los horizontes temporales evaluados. De igual manera, se estimó la superficie de idoneidad y

el cambio en su extensión a corto, mediano y largo plazo (Cuadro 1). Las Figuras 1 y 2 ilustran las áreas de ganancia, pérdida y estabilidad para el café y la roya, respectivamente.

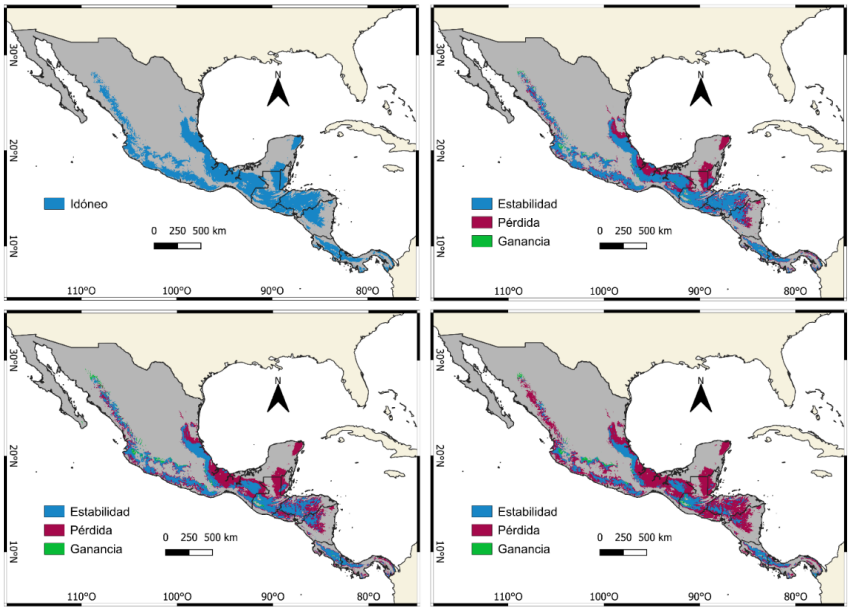


Figura 1. Áreas de ganancia y pérdida para *Coffea arabica* bajo los horizontes evaluados: 2021-2040 (panel superior derecho), 2041-2060 (panel inferior izquierdo) y 2061-2080 (panel inferior derecho).

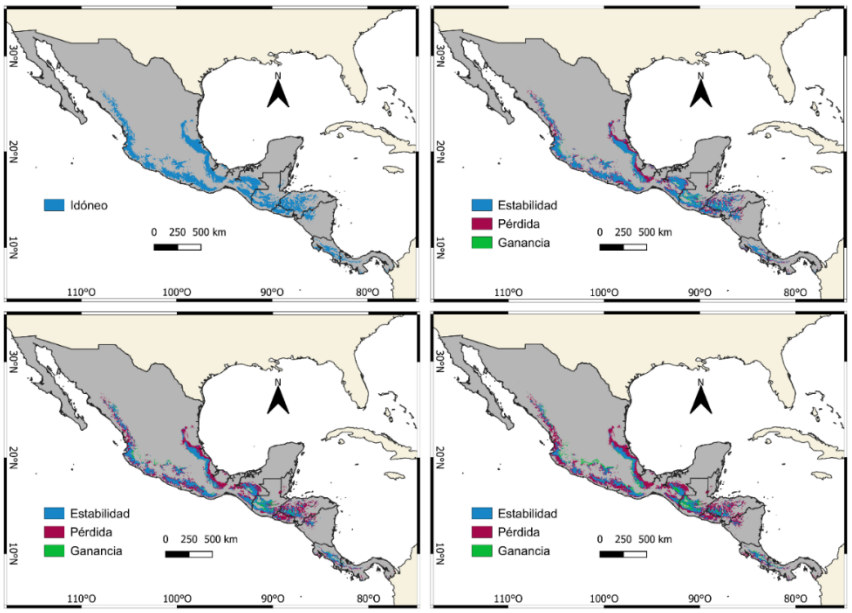


Figura 2. Áreas de ganancia y pérdida para *Hemileia vastatrix* bajo los horizontes evaluados: 2021-2040 (panel superior derecho), 2041-2060 (panel inferior izquierdo) y 2061-2080 (panel inferior derecho).

Cuadro 1. Extensión de idoneidad ambiental actual y proyectada (km^2).

Especie	Presente	2021-2040	2041-2060	2061-2080
C. arabica	642,395	423,754	330,366	203,241
H. vastatrix	311,137	215,053	160,954	127,321

Discusión

Los resultados de este trabajo sugieren que México y los siete países centroamericanos presentan condiciones climáticas favorables para el cafeto arábigo en una proporción importante de su territorio. Si bien la extensión real de superficie cultivada varía a lo largo de los países comprendidos, se estima que alrededor de una cuarta parte la región exhibe un clima favorable para la especie. Es intuitivo, por otro lado, suponer que la distribución de la roya seguirá la misma de su hospedero. No hay un indicativo claro de que las royas hayan extendido su área de distribución con el calentamiento global; en cambio, su incidencia está más relacionada con la humedad relativa del ambiente y la presencia de agua líquida sobre las hojas. Asimismo, se prevén pérdidas de más del 50% en áreas idóneas para ambas especies bajo escenarios de calentamiento global. Los modelos sugieren la migración vertical de las condiciones climáticas idóneas para el café y la roya. En este sentido, es probable que el cambio climático acentúe la presión de la agricultura sobre los ecosistemas que persisten en las cumbres de cordilleras, lo cual implicaría un riesgo para su conservación y los servicios ambientales que proveen.

Conclusiones

En este trabajo, los modelos de distribución potencial permitieron generar una buena aproximación del área climáticamente idónea para el cafeto arábigo y su principal patógeno en México y Centroamérica. Las proyecciones de cambio climático sugieren la reducción de más del 50% del área de idoneidad para las dos especies a finales de 2080. Los resultados de este trabajo no solo permiten reconocer áreas con potencial para la producción de café, sino que podrían ser relevantes para identificar áreas susceptibles a focos de infección, facilitar el diseño de estrategias de adaptación al cambio climático y contribuir al conocimiento de los procesos ecológicos en los cafetales.

Agradecimientos

Agradezco a la Dra. Ángela Patricia Cuervo Robayo, al Dr. Enrique Martínez Meyer y al M. en C. Enrique Ortiz Bermúdez por su asesoría y acompañamiento a lo largo del desarrollo de la presente investigación.

Referencias

Bunn, C., Castro, F., & Lundy, M. (2018). The impact of climate change on coffee production in Central America. International Center for Tropical Agriculture, Cali, Colombia. Recuperado el 13 de junio 2025, en https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/40680e1f-421c-4122-91f7-83a3197e48ba/content

IPCC. (2022). Summary for Policymakers [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33.

CAPTURA DE CARBONO ATMOSFÉRICO Y SU SECUESTRO EN SUELO CON PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN MAÍZ PARA FORRAJE DE TEMPORAL

Hugo Ernesto Flores-López[1*], Irma Julieta González-Acuña[2], Javier Ireta-Moreno[1], Lorena Jacqueline Gómez-Godínez[3]

[1] CECEAJAL-CIRPAC-INIFAP, [2] CESIX-CIRPAC-INIFAP, [3] CNRG-INIFAP
*Autor para correspondencia: flores.hugo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimiento materia seca, carbono orgánico, suelo.

Introducción

La humanidad enfrenta problemas globales como el cambio climático (CC) generado por la emisión de gases con efecto de invernadero (GEI), tal es el caso del CO_2. El problema de CC es de los más preocupantes, pues se pone en riesgo la seguridad alimentaria. La agricultura es una de las actividades humanas que participan en las emisiones de GEI, pero además en la producción de alimentos. Para tal fin, este sector primario utiliza recursos naturales usados regularmente de manera ineficiente, observada en cambio de uso del suelo, aumento de la intensidad en el uso de la tierra, cultivos inadecuados al sitio de producción, prácticas de manejo ineficaces del suelo y el agua, escasez de insumos, entre otros. La agricultura también se ha identificado con potencial para reducir de manera significativa el CO_2 atmosférico que ha derivado el CC. A través de la fotosíntesis de las plantas y retornando oxígeno y CO_2 a la atmosfera por la respiración de estas. Parte del carbono es capturado en la biomasa de la planta y con ello, existe la posibilidad de incorporarlo al suelo y mantenerlo ahí en forma orgánica. Esta acción se realiza con el uso de práctica agronómicas adecuadas al cultivo. La tarea no es fácil, pues para tal fin deben identificarse estrategias con prácticas de manejo agronómicas en el agroecosistema, que permitan a corto y largo plazo secuestrar el carbono orgánico en el suelo (COS) de manera eficiente y después, promoverlas entre los agricultores. Pero para que estos las acepten deben mantener o inclusive, incrementar la producción e ingresos, para que estos mejoren su nivel de bienestar. A escala mundial se han identificado prácticas de manejo agronómicas que permiten el secuestro de COS. Lal (2004) mencionó que a escala de predio se pueden implementar dos tipos de estrategias para secuestrar COS: 1) cambio de uso del suelo hacia cultivo que permitan la restauración de suelos degradados, como pastizales, y 2) la adopción de prácticas de manejo agronómico, como labranza de conservación, uso de cultivos de cobertera y rotación de cultivos, con enmiendas orgánicas utilizando abonos o compostas, manejo integrado de nutrientes, el uso eficiente del agua de riego o lluvia y prácticas agroforestales. En México esta tarea ha sido incipiente, con poco énfasis en la operación sustentable de cultivos y los criterios de eficacia de los productores.

Dentro del sector agrícola de México, el maíz para forraje verde cosechado en condiciones de temporal tiene rendimiento de 23.33 t/ha. Jalisco tiene la mayor superficie de maíz para forraje verde de temporal con rendimiento de 22.23 t/ha, resultado de la intensificación del cultivo con técnicas de cultivo convencionales. Sin embargo, la consecuencia de este desarrollo con prácticas de manejo no sustentables provoca erosión hídrica, deforestación, cambio de uso de la tierra. Una de las secuelas es la pérdida del COS y degradación edáfica. Por estas razones el maíz de temporal es una opción para secuestrar COS. En México no obstante que se tienen estudios de secuestro de carbono aislados y con poca continuidad, se requiere orientar con mayor énfasis la investigación para cuantificar el COS por manejo agronómico de cultivo, en particular maíz para forraje de temporal con estudios a largo plazo en plataformas experimentales. El objetivo del presente estudio fue cuantificar la captura de carbono atmosférico y el secuestro de carbono orgánico en el suelo con prácticas agronómicas en el cultivo de maíz para forraje de temporal, en los Altos de Jalisco México.

Materiales y métodos

El sitio de experimentación. El experimento se realizó en la plataforma tecnológica establecida en terrenos del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco (CECEAJAL) de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Esta plataforma tiene una antigüedad de 12 años. El suelo es un Luvisol férrico, con 905 mm de lluvia anual, temperaturas máxima y mínima de 25.7 y 8.6°C, respectivamente.

Diseño experimental. La plataforma experimental de largo plazo del CECEAJAL tiene un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones. La distribución de tratamientos es factorial asimétrica. Los tratamientos fueron 18 resultado de la combinación de los factores: 1) tratamientos con

labranza convencional con tres pasos de rastra y barbecho más dos pasos de rastra, labranza de conservación y labranza mínima con subsoleo a 40 cm de profundidad, 2) cobertura del suelo con residuos de la cosecha anterior de maíz con 30, 50 y 100 % de residuos y 3) fertilización mineral y/o química y orgánica (uso de gallinaza sin compostear), con dosis de fertilización determinada con el método racional.
Manejo del cultivo. El Manejo Agronómico fue específico para cada tratamiento. La densidad de siembra es de 94,000 semillas/ha en surcos de 76 cm de ancho. Se utilizó el hibrido de maíz Antílope. La fertilización fue determinada con el método de balance para cada tratamiento y repetición. Para el control biótico se aplicaron las recomendaciones del CECEAJAL para maíz.
Variables medidas

- Rendimiento de forraje de maíz (RendForr). El maíz se cosechó para forraje cuando el grano alcance la etapa de dos tercios en la línea de leche y la planta tenía de 33% a 38% de MS. La parcela útil (PU) consistió en un surco (NS) con 5 metros de longitud (LS) y 0.76 m de ancho (AS), igual a 3.8 m^2 por surco. La información requerida para estimar la producción de maíz ensilado (PSM) es el peso total del maíz (PTM) y el peso de elote (PE) en la PU.
- Rendimiento de materia seca (RendMS). Se cuantificó con el rendimiento de forraje y el porcentaje de materia seca (porcMS). Para el cálculo del porcMS se utilizó la siguiente expresión: $RendMS = RendForr * porcMS$.
- Carbono atmosférico capturado (Cac) en la biomasa aérea del maíz. Esta variable se estimó con la expresión: $Cac = CF * RendMS$, donde Cac es el carbono atmosférico capturado en kg/ha, RendMS es el rendimiento de materia seca de maíz en kg/ha, CF es el factor de conversión de materia seca a carbono igual a 0.50 (Manrique *et al*., 2010). La equivalencia del carbono capturado o fijado expresado como CO_2 atmosférico, se estimó con la expresión: $CO_2 = 1.8335 * RendMS$.
- Secuestro de COS por el cultivo de maíz. Se cuantificó el contenido de COS en cada tratamiento de la plataforma tecnológica. Esta avaluación se hizo en dos momentos del ciclo del cultivo; una antes de iniciar el ciclo del maíz (COSini) y otra el final del temporal de lluvias y después de la cosecha (COSfin). El suelo de cada tratamiento se muestreo a la profundidad de 20 cm. El secuestro de carbono (ΔCOS) se cuantificó mediante la expresión: $\Delta COS = COS_{fi} - COS_{ini}$.

El análisis del suelo para medir el porcentaje de COS se realizó en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. Se utilizó el método de Dumas, con un equipo analizador Elemental Flash 2000. La densidad aparente del suelo se determinó en laboratorio con el método de probeta. El contenido de Carbono Orgánico en el suelo (COS) se calculó con la fórmula: $COS = \%COSxDaxProf$, donde COS es el contenido de carbono orgánico en el suelo en t/ha, %COS es la concentración de carbono orgánico en el suelo en porcentaje, Da es la densidad aparente del suelo en g cm^{-3} y Prof es la profundidad del suelo en cm, del muestreo de suelos (20 cm).
Información de clima. Se utilizaron los registros de la estación agroclimática del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, localizada en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, con coordenadas geográficas: 20.87228° de latitud N, 102.71253° de longitud W y 1930 msnm de altitud.
Analisis estadístico. Se utilizó el programa SAS 9.0 para el analisis estadístico de la información obtenida. Se presentan estadisticas descriptivas y análisis de varianza, analisis de regresión y la comparación de medias con la prueba de Duncan.

Resultados y discusión

Durante el periodo de junio a octubre del 2024 ocurrieron 30 eventos de lluvia con más de 10 mm, con un total de lluvia de 850.1 mm, cantidad inferior al promedio. La temperatura máxima y mínima promedio de este periodo fue 26.2 y 14.0°C, respectivamente.
El RendMS de maíz y captura de carbono atmosférico. El RendMS de forraje de maíz, con las interacciones de tratamientos en estudio, se muestra en la Figura 1. La media general de RendMS fue 19.9 t/ha. Solo el factor fertilización mostró diferencias estadísticas significativas (Pr>0.05). El RendMS con la fertilización orgánica de 20.98 t/ha y 18.69 t/ha en fertilización mineral. Casi todos los tratamientos fertilización orgánica mostraron rendimiento de MS más alto, solo en el tratamiento de labranza de conservación más subsoleo y 50% de residuos, la fertilización química fue ligeramente superior a la fertilización orgánica. Con respecto al carbono atmosférico capturado (Cac) en la MS de maíz, este tuvo una estimación equivalente al RendMS, ajustado por el factor 0.50, es decir, en el tratamiento barbecho con dos pasos de rastra, 30% de residuos y fertilización orgánica resultó con RendMS de 25.3 t/ha, equivalente a 12.6 t/ha de carbono atmosférico o 23.2 t/ha de CO_2. Este resultado posiblemente fue influido por la cantidad de lluvia ocurrida.
Secuestro de carbono orgánico en el suelo (COS) con cultivo de maíz.

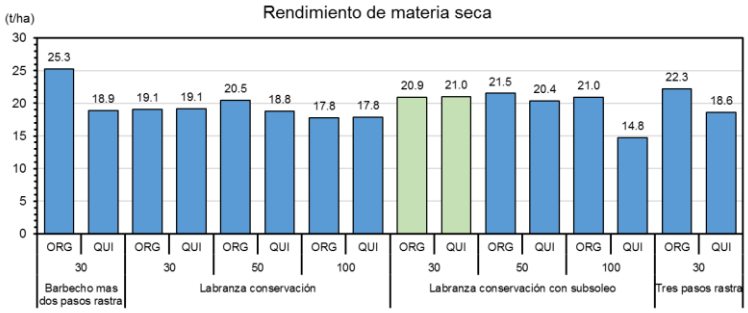


Figura 1. Rendimiento de materia seca de maíz con las interacciones labranza, porcentaje de residuos y tipo de fertilización en la plataforma experimental para secuestro de carbono del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Ciclo PV 2024.

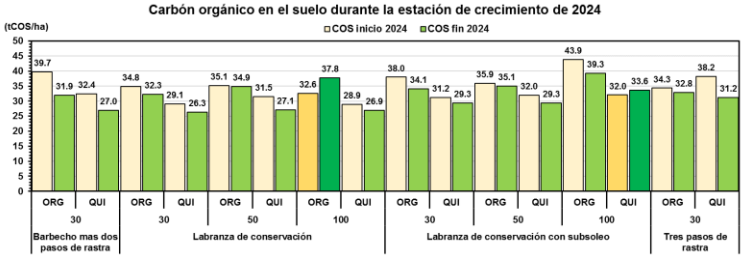


Figura 2. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo en los tratamientos en estudio. Tepatitlán de Morelos, Jal. PV2024.

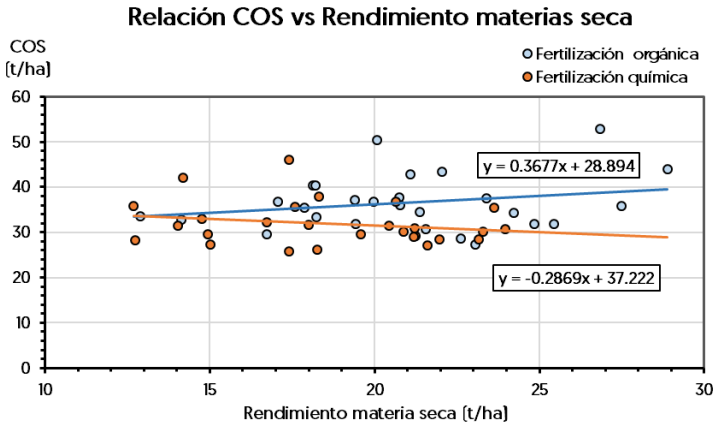


Figura 3. Tendencia de la fertilización orgánica y química con el rendimiento de materia seca de la plataforma experimental para el estudio de secuestro de forraje, durante el ciclo PV2024.

El contenido de COS inicial y final de ciclo PV2024 de cada tratamiento en estudio, se muestran en la Figura 2. La media general de COS inicial fue de 34.23 t/ha y final de 31.72 t/ha, lo que implicó una perdida de -2.51 t/ha. Practicamente todos los tratamientos mostraron pérdida de COS, excepto el tratamiento de labranza de conservación con 100% de residuos y fertilización orgánica que tuvo aporte de 5.2 t/ha, mientras en labranza de conservación con subsoleo, 100% de residuos y fertilización química, tuvo aporte de 1.6 t/ha. La dependencia del RendMS y el tipo de fertilización se muestra en la Figura 3. La interacción del RendMS con la fertilización orgánica con el COS en esta Figura, muestra como el aumento del RendMS induce aumento de COS a una tasa de 0.368 toneladas de COS por tonelada de MS. En cambio con fertilización mineral la tasa de cambio fue negativa con -0.287 toneladas de COS por tonalada de MS.

Conclusiones

El rendimiento de materia seca mostró tendencia ser más alta con fertilización orgánica con respecto a la fertilización mineral. Por el método de cálculo, la captura de carbono atmosférico y CO_2 fue similar al rendimiento de MS.

El COS en casi todos los tratamientos fue más alto con fertilización orgánica. Con fertilización orgánica la tendencia al secuestro de COS fue positiva y negativa con fertilización mineral.

Referencias bibliográficas

Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. Science, 304:1623-1627.

Manrique S., J. Franco, V. Núñez y L. Seghezzo. 2010. Secuestro de carbono en sistemas agrícolas del Valle de Lerma. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente AVERMA 14 (6): 55-62. Argentina.

INTERACCIÓN DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD CON EL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA EN AGROECOSISTEMAS DE MAÍZ-FORRAJE DE MÉXICO

Hugo Ernesto Flores López[1*], Enrique González Aguilar[2], Irma Julieta González Acuña[3], Susana Elizabeth Ramírez Sánchez[1]

[1] CECEAJAL-CIRPAC-INIFAP, [2] Nestlé México, [3] CESIX-CIRPAC-INIFAP
*Autor para correspondencia: flores.hugo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Eficiencia uso nitrógeno, secuestro carbono orgánico.

Introducción

Las emisiones de gases con efecto de invernadero (GEI) por las actividades humanas se refleja en problemas como el calentamiento global terrestre, el cambio climático, el deterioro de los recursos naturales y la seguridad alimentaria. Uno de los GEI es el CO_2. En el 2021, México contribuyó con más de 456.26 Mt de CO_{2e}. La agricultura y ganadería aportaron el 12.3% de las emisiones de CO_{2e} por emisiones de las actividades de este sector. Por otro lado, la agricultura también representa una opción de solución para reducir el CO_2 atmosférico, a través de la captura de carbono por las plantas con el proceso de fotosíntesis, donde una parte es liberada a la atmósfera por respiración, como oxígeno y CO_2, pero existe la posibilidad de mantenerlo en el suelo en forma de carbono orgánico. En este contexto, la Agricultura Regenerativa (AR) de los sistemas de producción agrícolas tiene el enfoque de sustentabilidad y mejora de la productividad y la rentabilidad (Lal, 2020). La AR es compleja, con interacciones entre sus componentes: clima, suelo especia vegetal e intervenciones que realiza el productor, integrando sus componentes con eficacia que depende del grado de conocimiento que tenga de ellas y los recursos disponibles para el proceso productivo óptimo. También se requiere una perspectiva mixta, continua e integrada de los niveles de gobierno, el sector privado y la sociedad civil. Esta visión integrada repercute en la salud del suelo, las plantas, los animales, las personas y el medio ambiente, elementos indivisibles e interdependientes en los agroecosistemas. Los aspectos más relevantes de la AR son: a) mejorar o aumentar en los posible su productividad y estabilizar el rendimiento, b) mantener o mejorar la calidad del forraje producido, c) asegurar la rentabilidad sostenida del sistema y d) fomentar el desarrollo sustentable con la factibilidad de secuestrar carbono orgánico en el suelo (COS). El productor del sector agrícola busca producir alimentos para su propio consumo y/o productos para la venta que le genere ingresos, con rentabilidad, pero a escala superior al predio (niveles de gobierno: municipio, estado región o país), se orienta a mantener atractiva esta actividad y dar seguridad alimentaria. Por el contrario, el enfoque de la agricultura convencional, al intensificar el uso de los recursos naturales se olvida de mantener estos recursos viables para las generaciones futuras. La consecuencia de la intensificación de la agricultura es un deterioro tan grande de los recursos naturales, que dificulta sostener los niveles de productividad actuales, pues cada vez se hace necesario el uso de mayores cantidades de insumos y energía. Por estas razones, la AR debe probar la viabilidad productiva y económica, a la par de aspectos de sustentabilidad en agroecosistemas, como el de maíz para forraje de México. El objetivo del presente estudio fue evaluar la sustentabilidad de sistemas de producción de maíz forraje con indicadores generados por las intervenciones de Agricultura Regenerativa en sitios de México.

Materiales y métodos

Las localidades de prueba fueron cuatro: dos en Aguascalientes, uno en Jalisco y uno en el estado de México. Se utilizaron parcelas con más de media hectárea por tratamiento y el híbrido de maíz sembrado fue el mismo para todos los tratamientos.

Localidades de prueba

El estudio se desarrolló en los ciclos PV 2023 y PV2024. Se incluyó la participación de productores cooperantes en el tratamiento T1. Las localidades de prueba y condición de humedad fueron: 1) San José Buenavista, Cosio, Aguascalientes (Riego por goteo), 2) Santa Teresa, Aguascalientes (Riego por goteo), 3) Campo Experimental Centro Altos de Jalisco - INIFAP, Tepatitlán de Morelos, Jalisco (temporal) y 4) Santa María del Llano, Jiquipilco, Estado de México (Riego por gravedad).

Tratamientos a evaluar

Los tratamientos evaluados fueron tres, con la siguiente combinación de intervenciones:

Tratamiento 1. Sistema testigo. Manejo agronómico con tecnología utilizada normalmente por el productor cooperante.
Tratamiento 2. Sistema integrado de AR en transición. La recomendación de nutrición de cultivos fue con base en el análisis de suelos y el enfoque 4R. Se aplicaron 10 t/ha de composta de ganado bovino de leche, antes de iniciar el ciclo PV. El tipo de labranza a utilizar fue labranza reducida con subsoleo a 20 cm de profundidad. El subsoleo se realizó sobre las hileras donde se sembró el siguiente cultivo, sobre los tallos residuales del cultivo anterior. El ensilado de maíz se realizó a una altura entre 30 y 40 cm.
Tratamiento 3. Sistema integrado de AR. La recomendación de nutrición de cultivos fue con base en el análisis de suelos y el enfoque 4R. Se aplicaron 10 t/ha de composta de ganado bovino de leche al inicio de cada ciclo PV. No se realizó ningún tipo de labranza. La siembra se hizo con sembradora de labranza de conservación. El ensilado de maíz se realizó a una altura de 30 a 40 cm.
Diseño experimental
Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con dos repeticiones por localidad y tres submuestras en cada una de las repeticiones.
Fertilización. El tratamiento 1 utilizó las fuentes y dosis que normalmente usa el productor cooperante. Para los tratamientos 2 y 3, las recomendaciones fueron definidas por tratamiento en cada localidad.
Híbridos de maíz y densidades de siembra utilizados. Se utilizó el mismo híbrido de maíz en los tres tratamientos evaluados por sitio de prueba y densidad de siembra, como se describe a continuación: 1) San José Buenavista (DK4018 = 110,000 pl/ha), 2) Santa Teresa [DK4018 = 95,000 pl/ha (en 2023) /75,000 pl/ha (en 2024)], 3) Campo Experimental Centro Altos de Jalisco – INIFAP (ANTÍLOPE = 95,000 pl/ha), y 4) Santa María del Llano (ALBATROS = 95,000 pl/ha).
Control biótico. Para el tratamiento 1, el productor definió el control biótico que regularmente utiliza. Para los tratamientos 2 y 3, los productos de protección de cultivos (herbicidas, insecticidas, fungicidas), dosis, forma y momento de aplicación, se definieron por el equipo de trabajo.
Indicadores de productividad
Rendimiento de materia seca (MS) de forraje de maíz. El forraje de maíz se muestreó cuando alcanzó la etapa de dos tercios en la línea de leche o 35% de MS. La parcela útil (PU) consistió en dos surcos (NS) de 5 metros de longitud (LS) y 0.75 o 0.76 m de ancho (AS). La información requerida para estimar la producción de maíz ensilado fue el peso total del maíz en PU (PTM) y el peso de elote (PE).
Indicadores de sustentabilidad
Secuestro de carbono en el suelo del sistema de cultivo de maíz. Se evaluó con la concentración de Materias Orgánica del Suelo (MOS) y densidad aparente del suelo en los tratamientos T1, T2, y T3, muestreados al inicio y al final del temporal del 2023 de 2024, a la profundidad (Prof) de 30 cm. El MOS se obtuvo con el método de Dumas en porcentaje y la densidad aparente del suelo (Da) se determinó con el método de probeta. La relación entre COS y MOS se presenta con la ecuación siguiente: $\%COS = \frac{\%MOS}{1.724}$. La cantidad de COS se estimó mediante la expresión: $COS = \%COS \cdot Prof \cdot Da$. El secuestro de carbono orgánico en el suelo (COS_{sec}) se determinó con la diferencia del COS al final de 2024 (COS_{2024}) menos el COS inicial de 2023 (COS_{2023}), de acuerdo con la expresión:$COS_{sec} = COS_{2024} - COS_{2023}$. El COS anual se obtuvo dividiendo entre dos el COS secuestrado en dos años.
Eficiencia de Nitrógeno Aplicado (ENA). Representa la cantidad de nitrógeno aplicado ($Naplicado$) en la fertilización con respecto al rendimiento de MS, según la expresión: $ENA = \frac{Naplicado}{RMS}$.
Factor de Productividad Parcial de Nitrógeno aplicado (FPPNapl). Este indicador es una medida de la eficiencia de las aplicaciones de nutrientes como nitrógeno en maíz y el rendimiento de MS producida. El FPPNapl se calculó con la expresión: $FPPNapl = \frac{RMS}{Naplicado}$.
Nitrógeno residual como nitratos. Este dato se tomó de los analisis de suelos en mg/kg.
Para el análisis de información se aplicó análisis descriptivo en los indicadores de sustentabilidad asociados con el rendimiento de MS.

Resultados y discusión
Los indicadores de sustentabilidad promedio de por localidad de prueba se muestran en el Cuadro 1. El rendimiento de MS tiene alta respuesta ambiental y muy relacionada con el manejo de nitrógeno. La eficiencia de nitrógeno aplicado (ENA) se espera resultado cercano a 22.5 kgN/tonMS, por lo que implica aumentar la dosis de fertilización nitrogenada en algunas localidades. Este indicador se complementa con la residualidad de nitrógeno, que es deseable sea menor de 30 ppm (Snyder y Bruulsema, 2007); en

Tepatitlán se tuvo el valor más bajo y alto en Jiquipilco, aunque la residualidad de nitratos en todas las localidades estuvo por debajo del nivel deseable. Una cantidad mayor de nitratos residuales a la reportada en el Cuadro 1, para todas las localidades tiene aporte limitado al potencial de rendimiento del maíz y si es fuente importante de contaminación para las aguas subterráneas y aguas superficiales. El FPPNapl es un indicador relacionado con el efecto combinado de la fertilización mineral, orgánica y el uso del nitrógeno nativo del suelo, que juntos producen aumento del rendimiento (Amanullah, 2015). Cuando falta nitrógeno mineral u orgánico, el cultivo comienza a utilizar en nitrógeno nativo originado de la materia orgánica (Snyder y Bruulsema, 2007), de ahí la probable pérdida de COS con fertilización deficiente.

En maíz para forraje el FPPNapl se reporta de 81 a 310 kgMS/kgNapl (Shou *et al*., 2023), por lo que en Cosio y Tepatitlán, debe mejorarse este indicador. Con respecto al COS secuestrado, solo Jiquipilco y Cosio tuvieron valor positivo, pero en Aguascalientes y Tepatitlán pérdida de carbono. Como se observa, encontrar el punto de equilibrio entre el rendimiento de MS, el uso de nitrógeno y el secuestro de COS, aun implica trabajo por desarrollar.

Cuadro 1. Indicadores de sustentabilidad promedio por localidad de prueba para 2023-2024.

Indicador	JIQ	COS	AGS	TEP
Rendimiento Materia Seca (kg/ha)	14,583	20,367	21,400	21,783
Nitrógeno Aplicado (kgN/ha)	177	277	184	357
Eficiencia de N aplicado (kgN/t MS)	12.4	13.6	8.6	16.4
Nitrógeno residual N-NO3 (mg/kg)	27.2	19.7	23.3	17.7
FPPNaplicado (kgMS/kgN)*	83.5	75.3	125.6	63.2
COS secuestrado (t C/ha):	37.49	8.01	-10.31	-3.12

*Factor de productividad parcial por Nitrógeno Aplicado. JIQ: Jiquipilco;COS: Cosio; AGS: Aguascalientes; TEP: Tepatitlán.

El Cuadro 2 presenta los promedios de indicadores de sustentabilidad por tratamiento de prueba. El tratamiento T1 mostró el mejor rendimiento de MS y más limitados en T3. También T1 tuvo sobresalientes indicadores con el uso de nitrógeno, pero también la menor cantidad de COS secuestrado. En cambio, el tratamiento T3, a pesar de tener indicadores de uso de nitrógeno más limitados, tuvo el más alto secuestro de COS. En los tratamientos T2 y T3 es necesario aumentar la dosis de fertilización.

Cuadro 2. Indicadores de sustentabilidad promedio por tratamiento de prueba para 2023-2024.

Indicador	T1	T2	T3
Rendimiento Materia Seca (kg/ha)	20,463	19,725	18,413
Nitrógeno Aplicado (kgN/ha)	283	237	227
Eficiencia de N aplicado (kgN/tonMS)	13.8	12.1	12.3
Nitrógeno residual N-NO_3 (mg/kg)	25.8	20.7	19.4
FPPNaplicado (kgMS/kgN)*	77.4	91.1	92.1
COS secuestrado (tonC/ha):	6.94	7.52	9.59

*Factor de productividad parcial por Nitrógeno Aplicado.

Conclusiones

Los indicadores de sustentabilidad por localidad muestran que el secuestro de carbono y eficiencia de Nitrógeno son altamente dependiente de las condiciones propias de los sitios y con importante influencia de las decisiones de manejo en los agroecosistemas, como el tratamiento T1 manejado por el productor. En cambio, en T3, con la aplicación de intervenciones asociadas con el mínimo movimiento de suelo y aplicación de composta, ocurre más captura de carbono, aunque con menor rendimiento de MS. En los tratamientos T2 y T3 debe incrementarse la fertilización nitrogenada. Aun se requiere trabajo para encontrar el punto de equilibrio entre el rendimiento de MS, el uso de nitrógeno y el secuestro de COS.

Referencias bibliográficas

Amanullah. 2016. Rate and timing of nitrogen application influence partial factor productivity and agronomic NUE of maize (*Zea mays* L) planted at low and high densities on calcareous soil in northwest Pakistan, Journal of Plant Nutrition, 39(5):683-690

Lal, R. 2020. Regenerative agriculture for food and climate. Journal of Soil and Water Conservation Society, 75(5):123A-124A.

Shou, N., W. Gao, C. Jiang, R. Ma, S. Usman, and X. Yang. 2023. Optimizing nitrogen fertilization for forage maize production to maximize profit and minimize environmental costs in a rainfed region in China. Archives of Agronomy and Soil Science, 69:13,2569-2584.

Snyder, C.S. and T.W. Bruulsema. 2007. Nutrient Use Efficiency and Effectiveness in North America: Indices of Agronomic and Environmental Benefit. International Plant Nutrition Institute.

EVALUACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL ESTRÉS CALÓRICO GANADERO MEDIANTE EL ÍNDICE THI EN CHIHUAHUA, MÉXICO

Karen Meraz-Molina[1], Alfredo Pinedo-Alvarez[2], Federico Villarreal-Guerrero[2], Raúl Corrales-Lerma[2], Alan Álvarez-Holguín[2], José H. Vega-Mares[2], Jesús A. Prieto-Amparan[2]*

[1]Estudiante de doctorado, Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. [2]Profesor, Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.
*Autor para correspondencia: jamparan@uach.mx

Palabras clave: Zonas áridas, geotecnología, GEE.

Introducción

La ganadería extensiva constituye una de las principales actividades económicas en grandes regiones del norte de México, especialmente en zonas áridas y semiáridas donde predominan las unidades de producción pecuaria a campo abierto. Sin embargo, el cambio climático y la intensificación de eventos extremos, como las olas de calor, han incrementado la vulnerabilidad del ganado a condiciones de estrés calórico, afectando su bienestar, desempeño productivo y rentabilidad (Sejian *et al*., 2018). Este fenómeno se ha vuelto particularmente relevante en regiones donde la infraestructura para mitigación térmica es limitada, como es el caso de muchos sistemas de producción extensiva en América Latina. El estrés calórico puede provocar disminuciones en el consumo de alimento, reducción en la tasa de crecimiento, alteraciones reproductivas y mayor susceptibilidad a enfermedades, comprometiendo la eficiencia general de los sistemas de producción (Collier y Gebremedhin, 2015). Para su evaluación, se han propuesto diversos índices bioclimáticos, siendo el Índice Temperatura-Humedad (THI) uno de los más utilizados debido a su sencillez, su base fisiológica validada, y su utilidad en estudios a escala regional y global. En este contexto, el desarrollo del análisis espacial del THI como herramienta de soporte para la toma de decisiones en la ganadería extensiva, utilizando tecnologías como Google Earth Engine y datos climáticos globales como TerraClimate o ERA5, es de gran importancia para evaluar de forma geoespacial las condiciones de riesgo térmico y generar mapas que permitan anticipar impactos productivos (Wang *et al*., 2020). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el estrés calórico en el estado de Chihuahua mediante el cálculo del Índice Temperatura-Humedad (THI), utilizando datos climáticos y plataformas de geotecnología. Los objetivos específicos fueron: a) Calcular el THI para el año 2024 a partir de datos de temperatura y humedad relativa y b) identificar regiones con mayor recurrencia o intensidad de estrés calórico para su priorización en estrategias de adaptación y manejo ganadero.

Materiales y métodos

El análisis se centró en el estado de Chihuahua, caracterizado por climas áridos y semiáridos, una economía pecuaria extensiva, alta exposición a temperaturas extremas y limitada disponibilidad de infraestructura para el confort animal. La selección regional obedece tanto a la importancia económica del sector ganadero como a la necesidad de generar insumos para la toma de decisiones ante el aumento de eventos climáticos extremos. Se utilizaron datos climáticos y espaciales provenientes de fuentes de acceso libre con cobertura global. La temperatura del aire se obtuvo de la base de datos conjunto de datos TerraClimate, desarrollado por la Universidad de Idaho y disponible a través de la plataforma Google Earth Engine (GEE). Este conjunto de datos integra observaciones climáticas y modelos reanalizados para generar productos mensuales a escala global, con una resolución espacial de aproximadamente 4 km, se utilizó información correspondiente al año 2024, específicamente las bandas tmmx (temperatura máxima media mensual, en grados centígrados °C) y vap (presión de vapor mensual en kPa). A partir de estas variables se estimó la humedad relativa mensual y posteriormente se calculó el Índice Temperatura-Humedad (THI). Los valores mensuales del THI para 2024 se clasificaron en cinco niveles de riesgo térmico, de acuerdo con Hahn *et al*. (2003): Sin Estrés (<72), Estrés Leve (72-78), Moderado (79-89) y Severo (>89). Este procedimiento se realizó para cada mes y se generaron mapas mensuales de THI que permitieron identificar zonas críticas para la ganadería extensiva.

Resultados y discusión

Durante 2024, el estado de Chihuahua mostró una variación estacional clara en los niveles de estrés calórico ganadero, según el Índice de Temperatura-Humedad (THI) (Figura 1a-l). En los meses invernales

(enero, febrero y diciembre), los valores de THI fueron mayormente inferiores a 72, lo que indica condiciones sin estrés calórico, asociadas a las bajas temperaturas y la baja humedad relativa típicas del clima semiárido.



Figura 1. Distribución espacio temporal del THI de enero(a) a diciembre(l) del 2024. (■)Sin Estrés (<72), (■)Estrés Leve (72 y 78), (■)Estrés Moderado entre (79 y 89), (■)Estrés severo (>89). Fuente: Elaboración propia.

En marzo y abril (Figura 1c, d), se observó una expansión de zonas con estrés leve (THI entre 72 y 78), principalmente en el sur y suroeste del estado, mientras que el norte permanecía sin señales de

incomodidad térmica. A partir de mayo (Figura 1e), se intensificó el estrés térmico, con valores moderados (THI entre 79 y 89) en el centro y noreste del estado, además de focos de estrés severo (>89) en el oriente. El periodo más crítico ocurrió entre junio y agosto (Figura 1f-h), cuando el estrés calórico severo se generalizó sobre amplias zonas del centro, norte y noreste, coincidiendo con áreas clave para la ganadería extensiva. En este trimestre, municipios como Delicias, Meoqui, Camargo, Jiménez, Ojinaga y parte de Cuauhtémoc enfrentaron el mayor riesgo térmico, con condiciones cálidas y húmedas sostenidas. Desde septiembre (Figura 1i), el THI comenzó a descender; aunque persistieron zonas con estrés severo, sobre todo en el norte, la intensidad disminuyó en octubre y noviembre, retornando gradualmente a niveles sin estrés. Este patrón estacional coincide con estudios previos sobre los efectos del cambio climático en regiones semiáridas, donde se ha documentado que valores de THI mayores a 72 afectan negativamente la eficiencia alimenticia, la fertilidad y el crecimiento del ganado, especialmente en razas sensibles (Collier y Gebremedhin, 2015; Henry *et al.,* 2018). En el suroeste de EE. UU. y el norte de México, el estrés severo se ha asociado con pérdidas económicas, reducción del consumo de forraje y mayor mortalidad durante olas de calor. Además, estudios recientes destacan la relevancia de utilizar datos satelitales y plataformas geoespaciales como Google Earth Engine para monitorear el riesgo térmico a gran escala. Estas herramientas permiten mapear áreas críticas y respaldar decisiones estratégicas para el manejo climático del ganado en contextos vulnerables.

Conclusiones

El análisis del Índice Temperatura-Humedad (THI) a lo largo del 2024 evidenció una variabilidad espacio-temporal del estrés calórico en el estado de Chihuahua, siendo los meses de junio, julio y agosto los más críticos para la ganadería extensiva debido al predominio de valores superiores a 89, clasificados como estrés calórico severo. En contraste, durante el invierno (enero, febrero y diciembre), todo el estado se mantuvo en condiciones sin estrés térmico, lo cual representa una ventana de confort fisiológico para el ganado. Esta estacionalidad térmica se alinea con las características climáticas semiáridas del norte de México y resalta la necesidad de adaptar las estrategias de manejo pecuario al contexto climático local. El uso de datos satelitales y plataformas como Google Earth Engine permitió realizar una evaluación, del riesgo térmico. A partir del análisis realizado, se es recomendable ajustar los calendarios productivos ganaderos para evitar que actividades críticas como el destete, la engorda o los programas de reproducción coincidan con los meses de mayor estrés calórico, particularmente entre junio y agosto. Durante este periodo, los niveles elevados del THI afectan negativamente la eficiencia fisiológica y productiva del ganado, por lo que resulta clave reorganizar el manejo zootécnico en función del clima. Asimismo, es necesario promover la implementación de infraestructura orientada al confort térmico animal, especialmente en las regiones donde el estrés severo es recurrente, como el noreste, centro y sureste del estado de Chihuahua.

Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo brindado mediante la beca otorgada para realizar el programa de doctorado del primer autor de este trabajo.

Referencias bibliográficas.

Collier, R. J., and Gebremedhin, K. G. (2015). Thermal biology of domestic animals. Annual Review of Animal Biosciences, 3, 513–532.

Hahn, G. L., Mader, T. L., and Eigenberg, R. A. (2003). Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. En: International Symposium on Biometeorology.

Henry, B. K., Eckard, R. J., & Beauchemin, K. A. (2018). Adaptation of ruminant livestock production systems to climate changes. Animal, 12(s2), s445-s456.

Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R., and Lacetera, N. (2018). Review: Adaptation of animals to heat stress. Animal, 12(S2), s431–s444.

Wang, T., Zhong, R., and Zhou, D. (2020). Temporal–spatial distribution of risky sites for feeding cattle in China based on temperature/humidity index. Agriculture, 10(11), 571.

HUMEDAD EDÁFICA EN FUNCIÓN DEL SUBSOLADO E INFILTRACIÓN EN EL CULTIVO DE SOYA EN CONDICIONES DE TEMPORAL

Moisés Alonso-Báez[1*], Guillermo López-Guillén[1], José Luis Solís-Bonilla[1], Biaani Beeu Martínez-Valencia[1]

[1]CERI CIRPAS, INIFAP
[*] Autor para correspondencia: alonso.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Soconusco, barbecho y rastreo del suelo

Introducción

En el Soconusco, Chiapas, región pacífico sur de México, se siembran 12,000 ha de soya en condiciones de temporal, actividad soportada por un periodo lluvioso de seis meses (mayo-octubre) favorable para su crecimiento y producción del cultivo. Sin embargo, entre los factores que han promovido la reducción de su superficie de siembra, han sido el vaivén de precios regidos por el mercado internacional, el cambio climático y falta de apoyos a su producción. El cambio climático, en los últimos años la estación lluviosa ha sido irregular y su magnitud ha disminuido por debajo del promedio de 1100 mm estacionales. También, en los últimos años, un estudio preliminar en estos suelos permitió inferir que la generalidad de los mismos presentan niveles variados de compactación en el intervalo de moderada a palpable compactación (Alonso *et al*., 2022); sin duda, porque desde el año 1975 que se inició su siembra comercial, el cultivo de soya siempre se ha establecido durante la segunda quincena de junio y todo el mes de julio; después de que inició el ciclo de temporal (mayo), entonces, en el mes de junio que se inicia la preparación de los suelos para su siembra, los suelos aún mantienen condiciones variables de humedad, y así el paso repetitivo de la maquinaria agrícola bajo estas condiciones conllevan a la compactación del subsuelo con la formación de un "piso de arado" (Motavalli *et al*., 2003; Botta *et al*., 2004; Harper *et al*., 2008; Botta *et al*., 2016; Ewetola *et al*., 2022). La compactación del suelo reduce la infiltración, incrementa la resistencia a la penetración de las raíces, e impacta severamente en la absorción de agua, nutrimentos, y restringe el crecimiento de las plantas, entre otras atribuciones negativas (Bengough *et al*., 2011; Whalley *et al*., 2005; Whitmore and Whalley, 2009). La experiencia en este ámbito sugiere enmiendas para solventar descompactar los suelos, entre estas, el uso del subsolado, cuya acción física rompe el subsuelo hasta alcanzar el piso de arado; de este modo, dicha acción mecánica contribuye sustantivamente en el incremento de la infiltración e induce mayor almacenamiento de la humedad edáfica en la zona radical de los cultivos (Desale *et al*., 2012). La infiltración es uno de los temas más importantes en la agricultura, ya que la infiltración es la única fuente principal de agua para las plantas y de recarga de los mantos acuíferos (Ahuja, 1974). El fenómeno infiltración es sólo el flujo de agua al interior del suelo a través de su superficie (Brutsaert, 2005). Bajo la hipótesis de mejora de la humedad edáfica en función del subsolado e infiltración, el objetivo de esta investigación fue evaluar de manera cuantitativa el comportamiento de la humedad edáfica en función del subsolado e infiltración en el perfil radical del cultivo de soya en condiciones de temporal y su impacto sobre el rendimiento.

Materiales y métodos

Esta investigación se realizó por tres años intermitentes (2019, 2022 y 2023), el experimento estuvo ubicado en un predio del Ejido Primera Sección de Tinajas, municipio de Tapachula, Chiapas, localizado entre las coordenadas14º 51' de Latitud Norte y 92º 19' de Longitud Oeste, el suelo es franco limoso con pH de 6.3, ligeramente ácido y contenido de materia orgánica de 2.4%; el clima es cálido subhúmedo, cuya temperatura promedio es de 28 ± 1°C y la precipitación acumulada promedio anual es de 1100 mm.

El diseño de tratamientos consistió en tres franjas apareadas de 0.50 ha (50 m x 100 m) cada una, donde el tratamiento de subsolado fue el objetivo central de la investigación, y los testigos, barbecho y rastreo; éstos dos, porque la preparación del suelo para la siembra de la soya por siempre ha sido un barbecho y hasta tres pasos de rastra más siembra mecanizada. Al interior de cada tratamiento en las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, se monitoreó el comportamiento de la humedad edáfica en función del subsolado durante todo el ciclo del cultivo. El tratamiento de subsolado se realizó durante el mes de abril en condiciones de suelo seco, y antes de la siembra durante la segunda quincena de junio, sobre este tratamiento se hicieron dos pasos de rastra más siembra mecanizada (julio); el tratamiento de barbecho también se realizó durante la época seca (abril) y antes de la siembra se hicieron dos pasos de rastra más siembra mecanizada (julio); el tercer tratamiento consistió de sólo tres pasos de rastra antes de la siembra

más siembra mecanizada (julio). Las fechas de siembra fueron variables, entre el 8 julio y 12 de julio durante el periodo experimental.

El material vegetal fue la variedad Huasteca 600 liberada en el Campo Experimental Sur de Tamaulipas del INIFAP; el manejo agronómico del cultivo fue con base en el paquete tecnológico para el cultivo de soya diseñado por el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP para la región del Soconusco, Chiapas.

Durante el periodo pre-cosecha, anualmente durante etapa reproductiva (R8), se acopió la información de campo a partir de seis parcelas seleccionadas al azar al interior de cada tratamiento, donde cada una de las parcelas fue denotada parcela útil (PU); así cada PU consistió de dos surcos de 5 m de largo separados 0.4 m (4.0 m^2); en cada PU se contabilizó el número de plantas para estimar la densidad de población final por hectárea; también, en cada parcela se seleccionaron cinco plantas al azar y se les midió su altura final de la planta, número de ramas y número de nudos; después se cortaron todas las plantas de la parcela útil, cada brazada fue debidamente etiquetada (repetición) y se dejaron en campo hasta que se secaron.

Durante el trillado de las muestras (brazadas), antes de este proceso, de cada brazada se seleccionaron cinco plantas a las que se les contó el número de vainas con uno, dos y tres granos, respectivamente; cada brazada fue trillada y se obtuvo el peso seco de grano de la PU, después este peso se convirtió en kilogramos por hectárea ajustado a 14% de humedad del grano; asimismo, de cada muestra de grano en la PU, aleatoriamente se contaron 100 granos y se pesaron.

Una vez concentrada la información promedio de variables, de acuerdo con la matriz de valores, ésta fue analizada mediante el software SAS V. 9.6. La segunda parte de la metodología en esta investigación consistió en medir la infiltración.

Al interior de cada tratamiento durante los años 2022 y 2023, se hicieron tres pruebas de infiltración mediante cilindros infiltrómetros (concéntricos) con carga variable por un tiempo aproximado de ocho horas cada prueba. Se midió la infiltración y a partir de esta se determinaron sus parámetros, infiltración básica, i(t), infiltración acumulada, I(t), y conductividad hidráulica a saturación, Ks; esta última a partir de los primeros tres términos de la serie del modelo de Phillip (1957), cuyos coeficientes se introdujeron en la ecuación de Kutilek (1987), de donde se estimó la conductividad hidráulica a saturación (Ks; cm min^{-1}).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presenta cómo se comportó la lámina infiltrada acumulada [I(t); cm] en función de los sistemas de manejo del suelo: 15.90 cm, 16.3 cm y 11.7 cm, en el subsolado, barbecho y rastreo; así como su influencia sobre el rendimiento promedio de los dos últimos años (2022 y 2023).

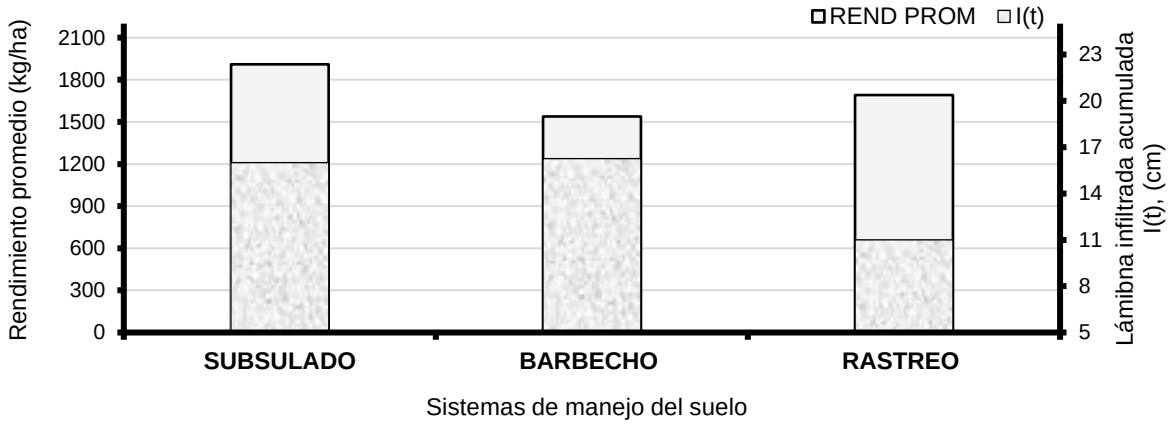


Figura 1. Rendimiento promedio de grano de soya en función del subsolado, barbecho y rastreo, e impacto de los sistemas de manejo del suelo sobre la lámina infiltrada acumulada, I(t), en centímetros.

En relación con el rendimiento bajo subsolado, desde un punto de vista estadístico éste no fue significativo y mostró un comportamiento similar con respecto a los demás sistemas de manejo del suelo; pero, además, dicho rendimiento promedio, no superó al rendimiento promedio regional de 2.50 t ha^{-1}. Con base en estos resultados, no hay duda de los efectos del cambio climático, y como fue señalado éste ha causado irregularidad de la lluvia de los últimos 10 años, ya que ésta ha sido escasa al inicio y durante el periodo de crecimiento del cultivo, además, en el año 2023 se presentó el fenómeno del “niño” y aunque la magnitud

de la lluvia fue ligeramente menor a la normal ésta fue muy irregular durante los periodos mencionados. Fue de este modo qué este elemento del clima es uno de los factores que más ha limitado la extensión de la superficie de siembra de soya en esta región del Soconusco, Chiapas.

La lámina infiltrada acumulada [I(t); cm] es un parámetro de la infiltración que determina cuánta agua estará disponible para la planta, y donde el manejo del suelo como el subsolado, su acción de ruptura del subsuelo contribuye a que se infiltre un volumen mayor de agua hacia el subsuelo, esto, medido para un tiempo determinado como lámina infiltrada acumulada, I(t), es un axioma la alta variabilidad del suelo, y en esta investigación los resultados revelaron que el subsolado y el barbecho, la lámina infiltrada acumulada, I(t), fueron similares. En la Figura 2 se observa cómo se comportó este parámetro a través del tiempo.

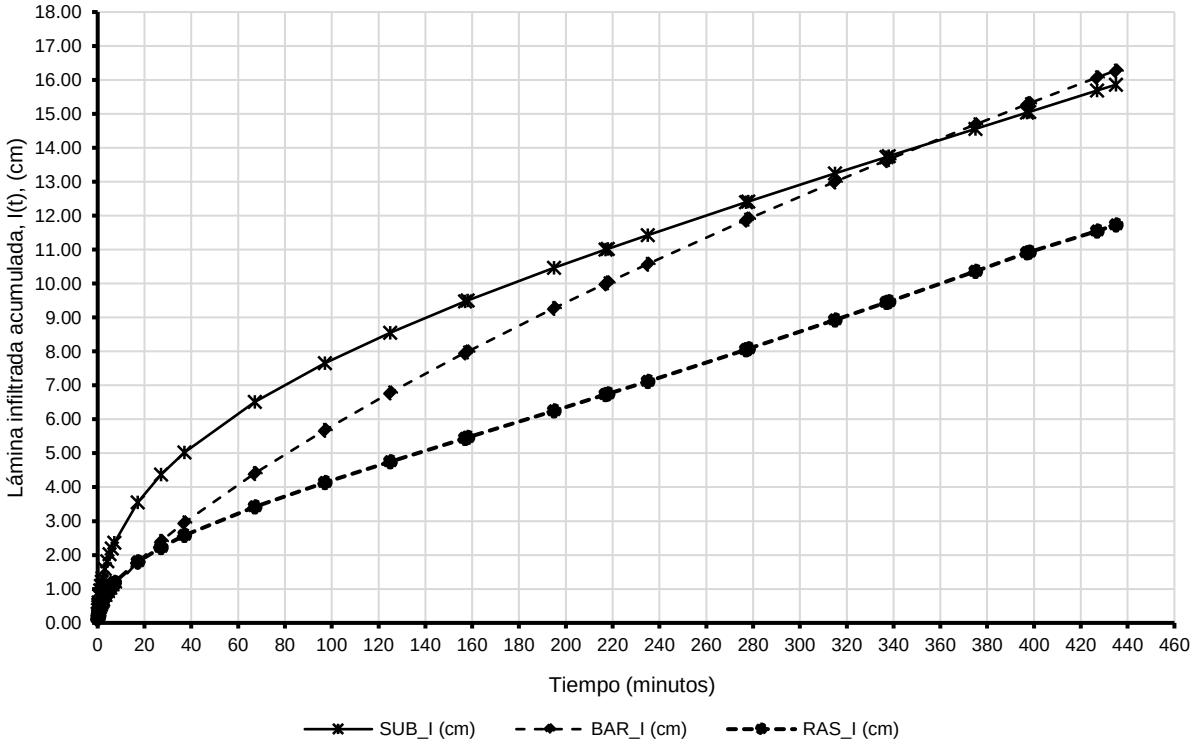


Figura 2. Lámina infiltrada acumulada, I(t), en función del subsolado, barbecho y rastreo.

Conclusiones

En el corto plazo, desde un punto de vista estadístico el rendimiento se grano de soya entre tratamientos fue similar; asimismo, debido a lo errático de la lluvia de los últimos dos años el mismo rendimiento fue inferior al promedio regional de 2.5 t ha^{-1}. En relación con la humedad edáfica en función de lámina infiltrada acumulada, los tratamientos de subsolado y barbecho en este sitio experimental fueron similares y superaron al sistema de rastreo del suelo.

Referencias bibliográficas

Desale, K. A., Melesse, T. L. and Abdu, A. M. 2012. Effect of Winged Subsoiler and Traditional Tillage Integrated with Fanya Juu on Selected Soil Physico-Chemical and Soil Water Properties in the Northwestern Highlands of Ethiopia. East African Journal of Sciences. Volume 6 (2) 105-116. Elsevier, Amsterdam. Pp. 141-165.

Kutílek, M., and Krejča, M. 1987. Three-parameter infiltration equation of Philip type, Vodohosp. Čas, 35, 52-61.

Philip, JR. 1957. The Theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. *Soil Sci.* 84: 257-264.

HUMEDAD EDÁFICA-TENSIL EN EL AGROSISTEMA CACAO EN CHIAPAS

Moisés Alonso-Báez[1*], Guillermo López-Guillén[1], José Luis Solís-Bonilla[1], Biaani Beeu Martínez-Valencia[1]

[1]CERI CIRPAS, INIFAP
[*]Autor para correspondencia: alonso.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Textura, energía, potencial.

Introducción

El área productora de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Chiapas dispone en la generalidad de los casos de buen temporal, pero, sólo de aproximadamente seis y medio meses del año (abril-octubre) con excelente precipitación (Alonso *et al*., 2023), donde la condición de textura de sus suelos y otras características físicas favorecen condiciones edafo-climáticas de mediana a alta potencialidad en función de la humedad edáfica disponible donde crece el cacao en sus áreas de producción. El agrosistema cacao en Chiapas está inmerso en siete tipos de suelo con base en su textura (Alonso *et al*., 2022), y en relación con este argumento, 34% de estos suelos corresponden al tipo suelo “franco arcilloso” (FA), seguido por el suelo “franco”, F, (27%), y el “suelo arcilloso”, A, (22%); sucesivamente los tipos de suelo continúan hasta el suelo “arcillo-limoso”, AL, (1%). Esta clasificación física del suelo, indica la magnitud de su capacidad para retener o almacenar mayor y menor cantidad de agua en el perfil radical del cultivo, ya que la producción de cacao en Chiapas está sustentada en la aleatoriedad del temporal. A partir de su textura, la literatura especializada indica que es confiable la estimación de sus características hidráulicas, contenido volumétrico de humedad edáfica-tensión, h(θ), condición que evidencia para este propósito, los rangos de humedad existentes en los suelos del agrosistema cacao de acuerdo con su textura, y, revela la potencialidad de sus condiciones de humedad en función de la lluvia estacional antes señalada.

El contenido de agua en el suelo varía continuamente a través del tiempo, esto debido a los aportes por la lluvia, riego u otras fuentes de infiltración. Su pérdida puede deberse a la evapotranspiración de los cultivos (ET), escorrentías (E) y el drenaje (D). En el contexto de humedad edáfica-tensión, es evidente que el agua pura se mueve de acuerdo con la energía libre de sus moléculas, ya que en la naturaleza la materia se encuentra en constante movimiento y cada movimiento es regido por su energía (capacidad para producir trabajo). Sin embargo, el agua en el suelo se mueve muy lentamente y su velocidad es despreciable; lo anterior, porque el agua en el suelo está retenida por fuerzas que interactúan y la retienen (Hillel, 1980; Narro, 1994).

Entonces, de acuerdo con su contenido y características del sistema suelo, su movimiento sólo es “potencial” (por posición con respecto a un punto de referencia: agua pura). Por ejemplo, el agua en un vaso está libre y disponible para beberla, no se requiere energía para acceder a ella; pero, el agua en una muestra de suelo está retenida en superficies y diluida en solutos (sales minerales); asimismo, está sometida a presión o succión de acuerdo con el contenido de agua y así, el agua del suelo sólo puede ser extraída del sistema sí se ejerce energía para su extracción (Korey y Kemper, 1961). De aquí surge el concepto de potencial del agua en el suelo, que expresa cuánta energía es necesario ejercer o gastar para sacar el agua de la muestra de suelo; su importancia es porque el potencial mátrico, disminuye al potencial del agua debido a la interacción del agua con la matriz del suelo, principalmente a través de la capilaridad (tensión superficial del agua y del ángulo de contacto) y la adsorción (fuerzas electrostáticas). Es comprensible que los tipos de suelo con partículas finas o arcillas, de mayor grosor o arenas, los suelos tienen la capacidad de retener o almacenar mayor o menor cantidad de agua; de esta manera, esta capacidad del suelo queda descrita por la relación llamada “curva de retención del agua en el suelo”, h(θ), para cada tipo específico de suelo (van Genuchten, 1980); en otros términos, la relación que existe entre el contenido de agua del suelo con el potencial mátrico, [θ; $cm^3\ cm^{-3}$ vs h; cm de columna de agua]. El conocimiento de esta relación es fundamental para comprender procesos tales como, almacenamiento del agua en el suelo, flujo del agua a través del suelo y la absorción del agua por la planta. En relación con lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la relación humedad edáfica-tensión del agua en el suelo para su aprovechamiento al interior del agrosistema cacao en Chiapas.

Materiales y métodos

Se dispuso de un archivo de las características físicas del suelo producto de 105 muestras colectadas aleatoriamente a las profundidades de 0-30 cm de las regiones productoras de cacao del estado de Chiapas. Para este objetivo únicamente se utilizó la textura del suelo, misma que fue determinada y cuya distribución fue agrupada mediante estadística descriptiva. Los parámetros de humedad fueron estimados mediante el software RETC V. 6.02, en el cual sólo se ingresan, el contenido volumétrico de humedad a saturación (θs; cm^3 cm^{-3}) y contenido volumétrico de humedad residual (θo; cm^3 cm^{-3}), éste equivalente al 10% del de saturación del tipo de suelo correspondiente (textura del suelo) y se obtienen los parámetros de la Ecuación de van Genuchten (1980): m en función de n; a partir de los parámetros de esta ecuación se construyeron las curvas características de humedad, h(θ), de los suelos interior del agrosistema cacao en Chiapas, sólo en función de su textura.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se presentan los siete tipos de suelo al interior del agrosistema cacao en Chiapas, donde se determinó que 34% de los suelos productores de cacao en el Estado, corresponden de acuerdo con su textura al franco arcilloso (FA); este tipo de suelo mantiene condiciones aceptables de retención de humedad en el rango de contenido volumétrico de humedad a capacidad de campo (Θ_{CC}= 0.4178 cm^3 cm^{-3}) y punto de marchitamiento permanente (Θ_{PMP}= 0.1389 cm^3 cm^{-3}), que a nivel de energía expresada como centímetros de columna de agua son 300 cm y 15,000 cm de columna de agua a CC y PMP, respectivamente.

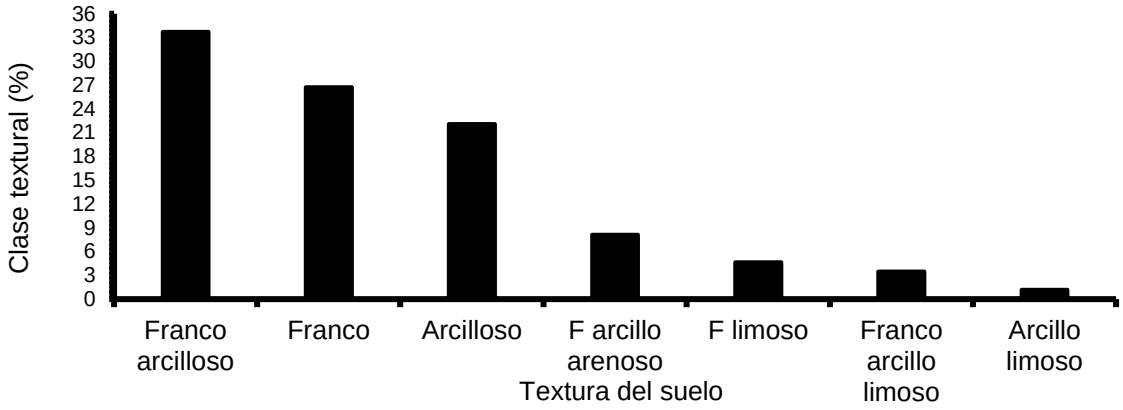


Figura 1. Principales tipos de suelo con base en su textura en el agrosistema cacao en Chiapas.

En el Cuadro 1 se presentan los rangos tensión-humedad, h(Θ), correspondiente a los siete tipos de suelos en este agrosistema, y, en puntos intermedios de estos rangos se localizan los valores de tensión-humedad a CC y PMP, de donde se deduce que, aun cuando el suelo en el agrosistema cacao el contenido de humedad alcanza el valor de PMP durante los meses sin lluvia (diciembre-abril), el contenido de humedad en el suelo no se agota totalmente y es por esta razón que el cultivo continúa explorando la humedad residual presente en el suelo hasta que inician las siguientes lluvias (Asiedu *et al*., 2013). Lo anterior, también porque en el ambiente tropical el volumen superior de la masa vegetal genera un microclima que permite amortiguar las deficiencias hídricas de los agrosistemas como el cacao e impide que dichas condiciones de sequía alcancen un estrés hídrico absoluto. Asimismo, las condiciones de humedad del suelo en el agrosistema cacao, éste como en la mayoría de los árboles en el trópico, su mayor volumen radical se localiza entre la superficie del suelo a 60 centímetros de profundidad; pero, su sistema radical principal alcanza profundidades iguales a su altura o más, condición física que le permite explorar la humedad existente a profundidades superiores a su volumen radical y así, seguir explorando y absorbiendo la humedad del suelo cuando la humedad superficial se haya agotado, entonces, la planta puede resistir como fue señalado un tiempo mayor hasta que vuelvan las lluvias del siguiente ciclo.

Conclusiones

Se determinaron siete tipos texturales del suelo al interior del agrosistema cacao en Chiapas. Sobre esta base se estimaron los valores que definen la curva característica de humedad-tensión, h(θ), donde la CC y PMP quedaron ubicados entre el rango de la humedad residual, θ_o, y humedad a saturación, θ_s, lo cual

indica que en las condiciones de trópico húmedo donde crece el cacao, la humedad edáfica no desciende a su valor de sequía absoluta, lo cual permite la supervivencia del cacao en este agrosistema tropical.

Cuadro 1. Rangos de potencial del agua en el suelo (Tensión) vs el contenido volumétrico de humedad en el agrosistema cacao en Chiapas, h(Θ), [h vs Θ].

Tipo de suelo	**Potencial de presión del agua en el suelo, h(Θ): [h vs Θ]**				
Franco arcilloso	(h; cm)	0.0	300	15,000	64,120,958
	(Θ; cm^3cm^{-3})	$Θ_s$[#]	$Θ_{CC}$	$Θ_{PMP}$	$Θ_o$
		0.5034	0.4178	0.1389	0.0915
Franco	(h; cm)	0.0	300	15,000	31,622,776
	(Θ; cm^3cm^{-3})	$Θ_s$	$Θ_{CC}$	$Θ_{PMP}$	$Θ_o$
		0.5420	0.4560	0.1210	0.0792
Arcilloso	(h; cm)	0.0	300	15,000	12,589,254,118
	(Θ; cm^3cm^{-3})	$Θ_s$	$Θ_{CC}$	$Θ_{PMP}$	$Θ_o$
		0.5500	0.4300	0.1850	0.1076
Franco arcillo arenoso	(h; cm)	0.0	300	15,000	28,840,315
	(Θ; cm^3cm^{-3})	$Θ_s$	$Θ_{CC}$	$Θ_{PMP}$	$Θ_o$
		0.515	0.4131	0.1250	0.0879
Franco limoso	(h; cm)	0.0	300	15,000	105,438,690
	(Θ; cm^3cm^{-3})	$Θ_s$	$Θ_{CC}$	$Θ_{PMP}$	$Θ_o$
		0.5384	0.4309	0.1470	0.0994
Franco arcillo limoso	(h; cm)	0.0	300	15,000	64,565,423
	(Θ; cm^3cm^{-3})	$Θ_s$	$Θ_{CC}$	$Θ_{PMP}$	$Θ_o$
		0.5160	0.4068	0.1300	0.089
Arcillo limoso	(h; cm)	0.0	300	15,000	194,984,460
	(Θ; cm^3cm^{-3})	$Θ_s$	$Θ_{CC}$	$Θ_{PMP}$	$Θ_o$
		0.5320	0.4338	0.1500	0.0992

[#] $θ_s$ contenido volumétrico de humedad a saturación, $θ_{cc}$ contenido volumétrico de humedad a capacidad de campo, $θ_{PMP}$ contenido volumétrico de humedad a punto de marchitamiento permanente, $θ_o$ contenido volumétrico de humedad residual

Referencias bibliográficas

Moisés Alonso-Baez, Pablo Amin Ruiz-Cruz; Guillermo López-Guillen, 2022. Condicione del agrosistema cacao (*Theobroma cacao* L.) de Chiapas y tabasco en función de su fertilidad. 46 Congreso Nacional de la ciencia del suelo, del 3 al 7 de octubre. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Moisés Alonso-Baez, Pablo Amin Ruiz-Cruz; Guillermo López-Guillen, Alba L. Solís-Pérez. 2023. Parámetros de humedad e hidráulicos del suelo en el agrosistema cacao. 47 Congreso Nacional de la ciencia del suelo, Hidalgo, México.

Moisés Alonso-Baez, Pablo Amin Ruiz-Cruz; Guillermo López-Guillen, 2023. Condiciones del clima y suelo en el agrosistema cacao. XXVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas.

Hillel, D. (1980). Fundamentals of Soil Physics. New York press Inc. pp. 17-18, 95-9

Van Genuchten, M. T. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil science society of America journal, *44*(5), 892-898.

VULNERABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE COSECHA DE SECANO FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA

Jacqueline Moreno-Acosta[1*], Juan Alberto Velázquez-Zapata[2], Juan Antonio Reyes-Agüero[3]

[1]Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de San Luis Potosí; [2] SECIHTI-Instituto Potosino de investigación Científica y Tecnológica; [3]Instituto de Investigación de Zonas Desérticas U.A.S.L.P.
[*]Autor para correspondencia: morenojacqueline84@gmail.com

Palabras clave: Agricultura de secano, variabilidad climática, vulnerabilidad.

Introducción

En los últimos años, se ha observado una disminución en la producción agrícola de especies forrajeras de secano del municipio de Villa de Arriaga, San Luis Potosí. La producción agrícola de secano se refiere a la agricultura que depende del agua de lluvia mediante precipitación in situ o escorrentía pluvial intermitente. Una de las principales problemáticas es la escasez de agua en el municipio (para ganado, servicios básicos de agua) y ha empeorado por la prolongación de la época de secas en los últimos años y las sequias.
El objetivo general de esta investigación es determinar los factores que propician la vulnerabilidad de los sistemas de cosecha de secano (frijol y maíz) en Villa de Arriaga ante la variabilidad climática el cambio climático. Este objetivo general se cumplirá a través de los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar cartografía de variables climáticas y ambientales para caracterizar el valle de Villa de Arriaga
2. Recopilar información sobre el manejo del cultivo y las estrategias de adaptación ante la vulnerabilidad climática de los sistemas de cosechas de secano, por cada región que se diferencia según las características de paisaje en Villa de Arriaga
3. Evaluar la vulnerabilidad de los sistemas de cosecha en Villa de Arriaga ante la variabilidad climática desde los factores que componen a la vulnerabilidad

Una región del paisaje es una unidad morfológica que se caracteriza por la interacción de sus atributos como son: el clima, la litología, la hidrología, el suelo, la cobertura vegetal, la fauna, los humanos y sus actividades. Las interacciones de cada paisaje definen los patrones de drenaje, fisonomía y estructura de la cobertura vegetal, diversidad biológica, entre otros (Etter, 1991). El IPCC define vulnerabilidad al cambio climático, como el grado de susceptibilidad de un sistema para afrontar los efectos adversos al cambio climático. La vulnerabilidad se compone de tres factores: la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa (INECC, 2016).

Materiales y métodos

Se comenzó realizando cartografía de hidrología, fisiografía y topografía, y clima para determinar las formas de paisaje que se encuentran en el valle de Villa de Arriaga, y como resultado se seleccionaron las siguientes unidades de paisaje: zona de bajíos (San Antonio), zona de abanicos aluviales (San Francisco) y zona de planicie (La Lugarda). Se realiza una evaluación de la vulnerabilidad con base a los factores que la componen según la metodología de INECC (2016) (Figura 1)

Resultados y discusión

Se observó que los productores señalan los años 2011 a 2021 como los años donde hubo pérdidas en la producción de cosechas de secano, y esto coincide con los años donde registró una mayor intensidad de sequía reportada por el Servicio Meteorológico Nacional. Evaluando el efecto de la sequía, degradación del suelo y una proyección de cambio climático en un futuro, sobre el manejo del cultivo y estrategias de adaptación se obtuvo lo siguiente:

- La zona de abanicos aluviales (San Antonio) se caracteriza por encontrarse en la parte baja del delta de agua que provine de canales bien definidos que se encuentran en un perfil de elevaciones pronunciadas. En San Antonio el agua se encuentra disponible en arroyos intermitentes, el agua solamente se utiliza para el ganado. En esta parcela se reportó que no se realiza selección de semilla, tiene una actividad económica secundaria y la estrategia de adaptación es la venta del ganado (si está disponible) y utilizar barreras vivas alrededor de la parcela. La degradación del suelo es una erosión hídrica con deformación en el terreno. Se presentan cárcavas y no hay manejo para el control de erosión.

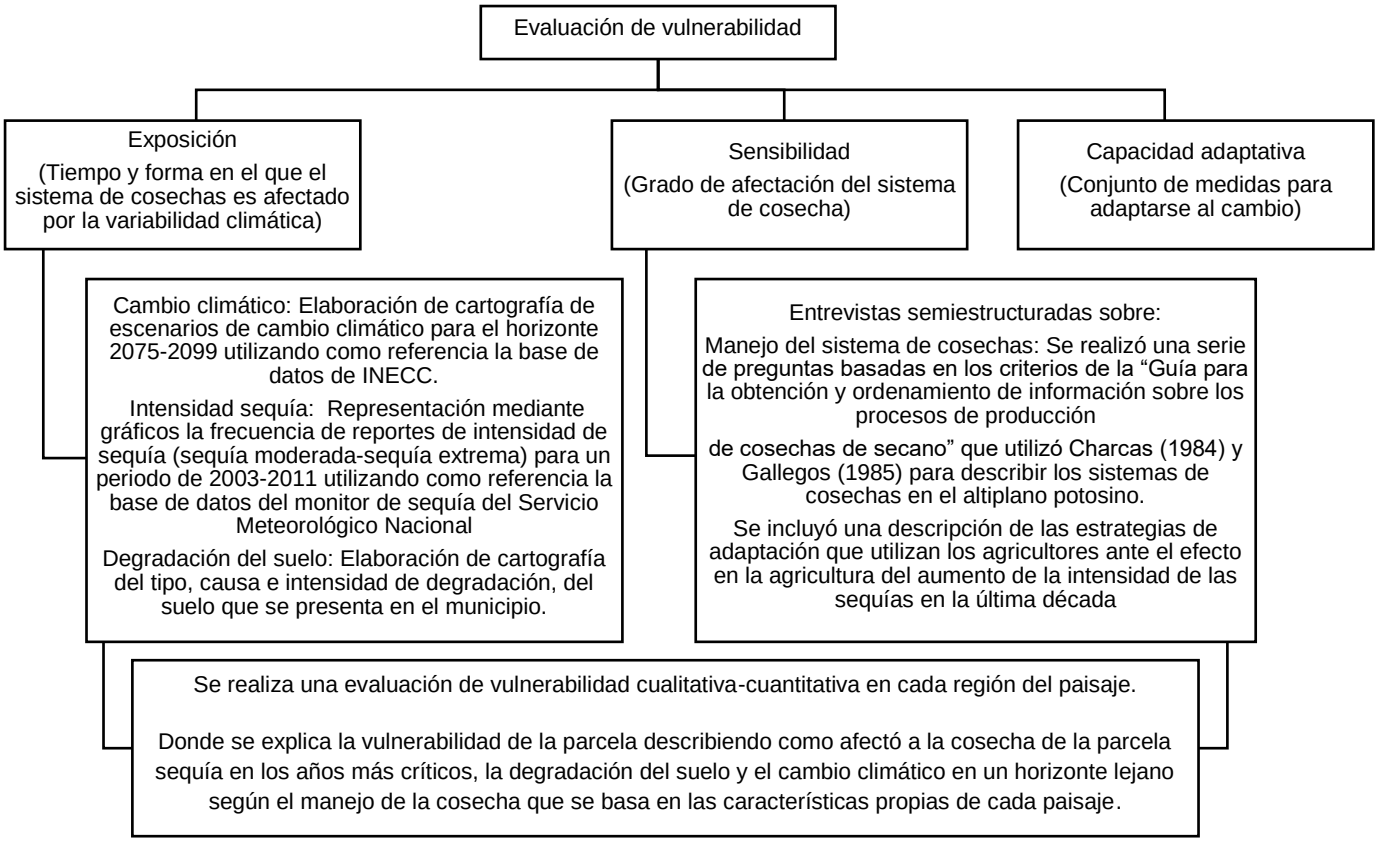


Figura 1. Metodología para la evaluación de los sistemas de cosecha en Villa de Arriaga.

- La zona de bajíos (San Francisco) se caracteriza por la escorrentía a partir de canales difusos y un perfil longitudinal suave. El aprovechamiento del agua se da a partir de una presa que se alimenta de canales intermitentes de agua de lluvia. Se realiza una gestión de semilla anual en la cual se hace una selección de esta. La degradación del suelo en esta zona es una erosión hídrica con pérdida de suelo superficial. Utiliza barreras vivas alrededor de la parcela como estrategia de adaptación, pero la densidad de las especies en mínima.
- La zona de planicie (La Lugarda) se caracteriza por tener relieve demasiado suave donde no se presentan elevaciones. La obtención de agua es mediante precipitación in situ. Se realiza selección de semilla y tiene fuentes de ingresos secundarias. La degradación del suelo en esta zona es una erosión eólica con pérdida de suelo superficial. Utiliza barreras vivas alrededor de la parcela y entre surcos, la densidad y riqueza de las especies es suficiente.

En cuanto a la evaluación del impacto del cambio climático (CC) se consideró un horizonte de 2075 a 2099 con un escenario RCP 2.6 utilizando el modelo HADGEM2-ES, y se muestra un cambio de clima de estepario semiseco (BS1) a estepario seco (BS0), donde la precipitación disminuye y la temperatura aumenta, ante esta proyección la parcela con mayor vulnerabilidad considerando los aspectos mencionados anteriormente es San Antonio (abanicos aluviales).

Conclusiones

Se encontró que las principales diferencias en el aprovechamiento y uso de los recursos naturales en cada parcela se debe a la disponibilidad de agua en cada unidad de paisaje. Las diferencias en el manejo del cultivo en cada parcela se concentran en algunas prácticas agrícolas, además, se encontró que actualmente se siguen utilizando las mismas prácticas agrícolas que se realizaban en los años 90´s.

En las últimas décadas, una de las estrategias de adaptación que se han implementado en Villa de Arriaga es el cambio de uso de variedades tardías a variedades tempranas de frijol y maíz, este cambio también representa un indicador en la modificación del clima local, pues antes se cultivaban variedades con un ciclo fenológico más largo y ahora se cultivan variedades con un ciclo más corto, a la vez esto representa una adaptación de los sistemas de cosecha ante la evidente disminución de la precipitación.

La vulnerabilidad de cada parcela es diferente según la unidad de paisaje donde se ubiquen, debido a que éstas se definen por factores ambientales como el relieve y factores climáticos que condicionan la disponibilidad de agua, el tipo de vegetación, tipo de suelo, entre otros. Además, cada parcela tiene un grado de vulnerabilidad que depende de factores socioeconómicos. Se proyecta con escenario de cambio climático considerado que en Villa de Arriaga el clima se volverá más seco, por lo que se plantea como trabajo futuro aumentar la muestra de parcelas en cada unidad de paisaje.

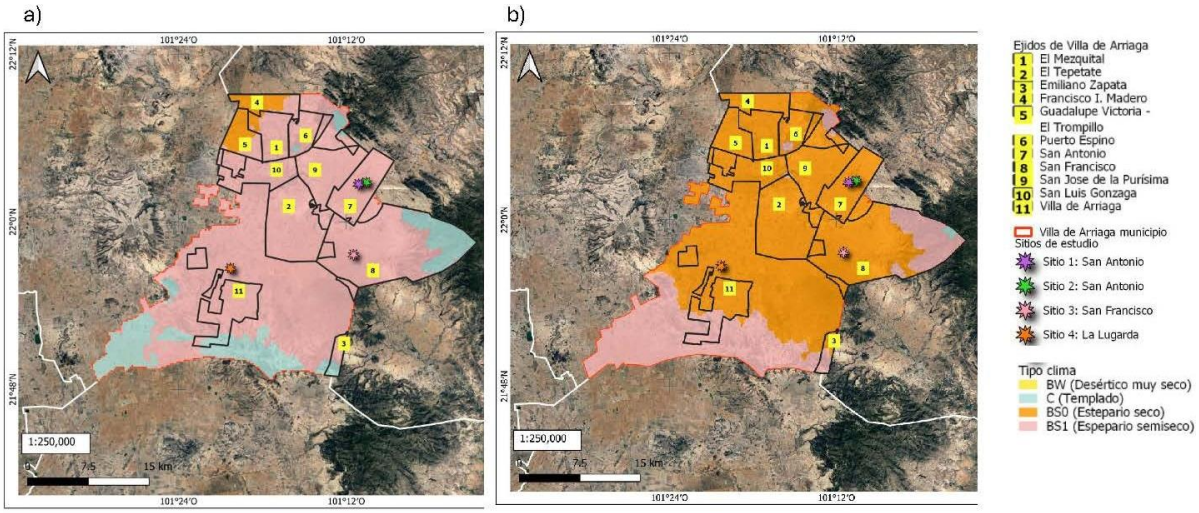


Figura 2. Mapas de clima para el municipio de Villa de Arriaga S.L.P. a) base 1950-2000 y b) 2075-2099. Información INEGI (2022)

Referencias bibliográficas

Charcas, H. (1984). Estudio de los principales sistemas de producción de cosechas de secano en el altiplano potosino. San Luis Potosí. Tesis de licenciatura Ingeniero Agrónomo, UASLP, México,127 pp.

Etter, A. (1991). Introducción a la Ecología del paisaje: Un marco de integración para los levantamientos ecológicos. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Andres-Etter/publication/268147634_Introducción_a_la_Ecologia_del_Paisaje/links/54621ec40cf27487b455843d/Introducción-a-la-Ecologia-del-Paisaje.pdf.

Gallegos V. (1985). Contribución al conocimiento de los sistemas de producción de cosechas de secano del área de estudio del CREZAS-CP. Tesis profesional, Autónoma de Chapingo, México, 207pp.

INECC. (2016). Vulnerabilidad al cambio climático. Recuperado de https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/vulnerabilidad-al-cambioclimatico-80125

INEGI. (2022). Climas 1902-2011. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463769361

CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS EN HOJAS DE *Agave cupreata* TREL. & BERGER EN ESTRÉS HÍDRICO

Eloy Canales-Sosa[1]*, Carlos Trejo[2], Ebandro Uscanga-Mortera[2], Marco A. Otero-Sánchez[1], Cecilia B. Peña-Valdivia[2], Alfredo López-Jiménez[2], Juan Antonio Chamú-Baranda[1], Martín Solís-Martínez[1].

[1]Centro de Estudios Profesionales, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Cocula, Guerrero, C.P. 40850, México. [2]Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Posgraduados, Texcoco, Estado de México, C.P. 56264, México.
*Autor para correspondencia: eloy.canales@csaegro.edu.mx

Palabras clave: *Agave cupreata* Trel. & Berger, potencial de agua, nutrimentos.

Introducción

El bajo contenido de agua en el sustrato provoca en las plantas una reducción del potencial hídrico, deshidratación celular e incremento en la resistencia hidráulica (Taiz *et al.*, 2023). Los periodos prolongados de sequía disminuyen la solubilidad de los nutrimentos en el sustrato, lo que limita su absorción por las raíces. Además, la transpiración y la conductividad hidráulica se reducen significativamente, afectando negativamente el transporte y la distribución de nutrimentos hacia los órganos de la planta (Linton y Nobel, 2001; Hu y Schmidhalter, 2005). Las especies del género *Agave* son capaces de resistir periodos prolongados de sequía; sin embargo, el estrés hídrico altera su metabolismo, especialmente durante las etapas iniciales del desarrollo (García-Moya *et al.*, 2011). Como mecanismo adaptativo a la sequía, las raíces de estas especies tienden a reducir el grosor de la corteza radical, lo que provoca cavitación en el xilema, limitando así la pérdida de agua hacia el suelo seco. No obstante, esta adaptación también restringe la absorción de agua y de los nutrimentos disueltos en ella (Linton y Nobel, 2001). Por lo anterior, se planteó la hipótesis de que la concentración nutrimental en *Agave cupreata* Trel. & Berger disminuirá bajo condiciones de potenciales hídricos en el sustrato inferiores al valor del punto de marchitez permanente. Para probar esta hipótesis, se planteó el objetivo de determinar la concentración de nutrimental en hojas de *A. cupreata* creciendo en sustrato con cuatro intervalos de potencial de agua.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, ubicado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula. Se utilizaron plantas de *A. cupreata* de 10 meses de edad, cultivadas en bolsas de polietileno negro con 12 kg de una mezcla de tierra lama y marmolina “cerogrueso” (3:1) en un invernadero. El análisis nutrimental del sustrato mostró un contenido de 1.07 % de N y concentraciones de 0.00012, 1.9, 216.8, 194.6 y 0.9 mg kg^{-1} de P, K, Ca, Mg y Na, respectivamente. Los tratamientos consistieron en cuatro intervalos de potencial hídrico (Ψ_A) en el sustrato: -0.03 a -0.54, -0.55 a -1.15, -1.16 a -1.81, y -1.82 a -2.95 MPa. Las plantas se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. La humedad del sustrato se monitoreó mediante un sensor TDR 350, con el fin de mantener los niveles de potencial hídrico correspondientes a cada tratamiento.

Cada dos meses se recolectaron segmentos de la parte media de hojas jóvenes completamente desarrolladas, los cuales fueron almacenados en un congelador a -15 °C (Lab-Line Freezer) y posteriormente liofilizados (LABCONCO®). Las muestras liofilizadas se molieron con un molino de café (Mr. Coffee, Oster®), y posteriormente se enviaron al Laboratorio de Nutrición Vegetal del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, donde se determinó la concentración de nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), siguiendo la técnica descrita por Alcántar-González y Sandoval-Villa (1999). Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) utilizando el software SAS®. Los resultados se graficaron con GraphPad Prism 8.

Resultado y Discusión

La concentración nutrimental en hojas fue afectada negativamente con la disminución del Ψ_A, principalmente en los tratamientos con Ψ_A del sustrato inferior a -1.16 MPa. Este efecto fue evidente en las concentraciones de N, P, K y Mg (Figura 1A, B, C y E). En general, se observó una tendencia decreciente

tanto en los valores de concentración como en las diferencias estadísticas asociadas. La reducción de la concentración de nutrimentos en los tratamientos con Ψ_A del sustrato menores a -1.16 MPa fue de 0.2 a 0.7 % para N; de 408 a 1082 mg kg^{-1} MS para P; de 3641 a 8977 mg kg^{-1} MS para K; y de 517 a 1248 mg kg^{-1} MS para Mg. En el caso del calcio (Figura 1D), el efecto de los tratamientos fue menos marcado; sin embargo, también se observó una tendencia negativa, con una disminución en su concentración en las plantas expuestas a un Ψ_A del sustrato menor a -1.16 MPa.

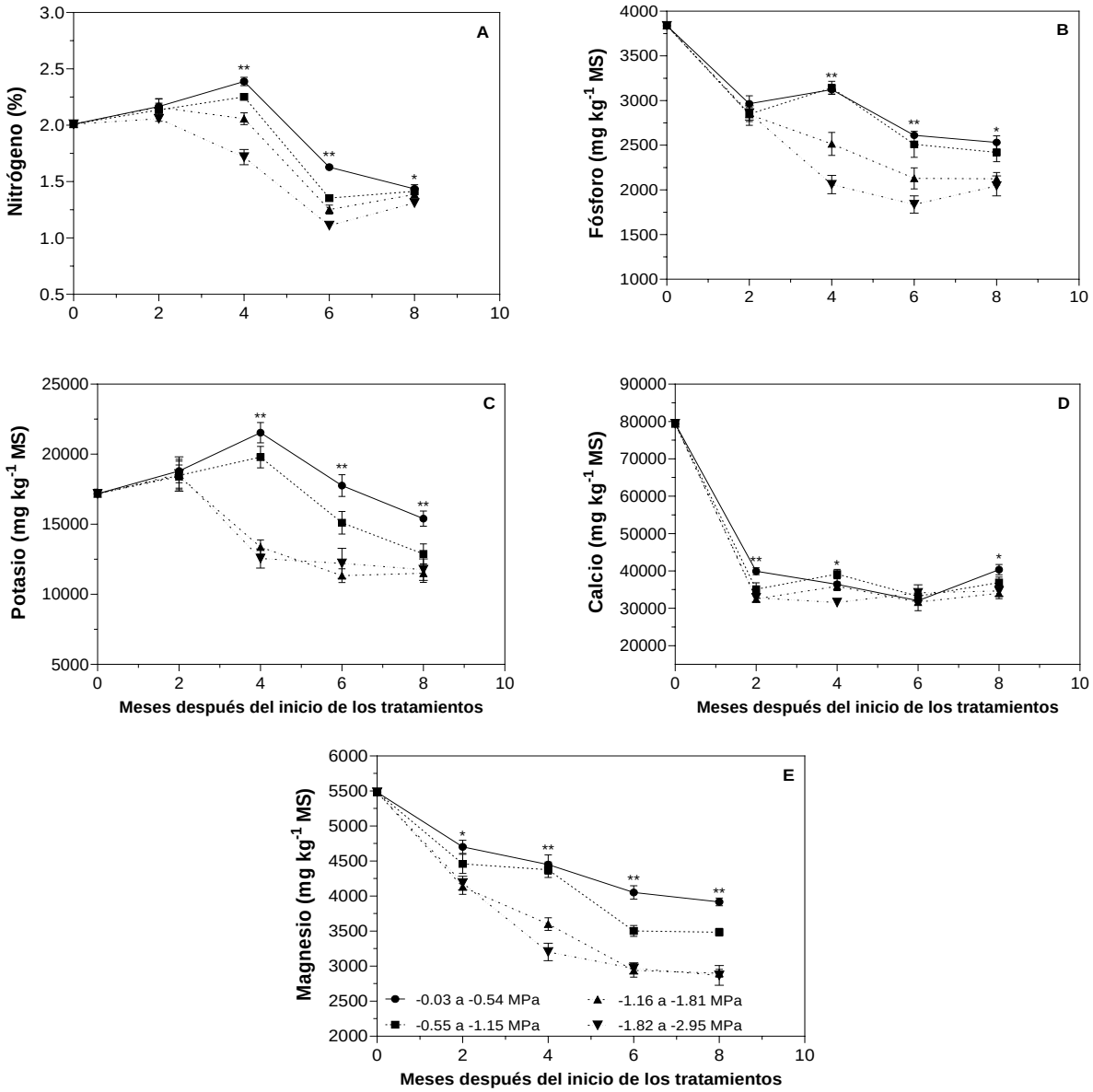


Figura 1. Concentración de nitrógeno (A), fósforo (B), potasio, (C), calcio (D) y magnesio (E) en hoja de *Agave cupreata* Trel. & Berger en cuatro intevalos de potencial de agua (MPa) del sustrato en Cocula, Guerrero, México. Cada punto representa la media de cinco repeticiones ± e.e. * ($p \leq 0.05$) y ** ($p \leq 0.01$).

La limitación de agua en el sustrato afecta negativamente la solubilidad de los nutrientes del sustrato, además, reduce la transpiración y la conductividad hidráulica, limitando la absorción y la translocación acropétala de los nutrientes (Linton y Nobel, 2001; Hu y Schmidhalter, 2005). Esta situación fue evidente en la presente investigación, donde los tratamientos con Ψ_A del sustrato menores a -1.16 MPa resultaron en una reducción significativa de las concentraciones foliares de N, P, K y Mg en hojas. La dinámica

decreciente observada en las concentraciones foliares de estos nutrimentos en *A. cupreata* puede explicarse por dos factores principales: la dilución de los nutrimentos debido al incremento de la biomasa, y la disminución progresiva del contenido nutrimental del sustrato, que representó la única fuente de nutrimentos para las plantas. Esta disminución es consecuencia de la absorción continua sin reposición durante el experimento. Dicha dinámica puede revertirse mediante la aplicación de fertilizantes, como lo demostraron Ríos-Ramírez *et al*. (2021), quienes reportaron un aumento en las concentraciones de N, P y Mg en *A. angustifolia* al incrementar los niveles de nutrientes en la solución nutritiva.

Conclusiones

La concentración nutrimental en las hojas de *A. cupreata* fue afectada significativamente cuando el Ψ_A del sustrato fue inferior a -1.16 MPa. Estos niveles de estrés hídrico redujeron la disponibilidad y absorción de nutrimentos esenciales, lo que podría comprometer el desarrollo y la productividad de la planta en condiciones de sequía prolongada.

Agradecimientos

Al SECHTI y al Colegio de Postgraduados por financiar la investigación y al CEP-CSAEGRO por las facilidades brindadas para la realización del estudio en sus instalaciones.

Referencias bibliográficas

Alcántar-González, G. & Sandoval-Villa, M. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. In: Especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Chapingo, México. 155 p.

Hu, Y. & Schmidhalter, U. (2005). Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168(4), 541-549.

Linton, M.J. & Nobel, P.S. (2001). Hydraulic Conductivity, Xylem Cavitation, and Water Potential for Succulent Leaves of Agave deserti and Agave tequilana. International Journal of Plant Sciences, 162(4), 747-754. https://doi.org/10.1086/320782

Ríos-Ramírez, S. del C., Enríquez-del Valle, J.R., Rodríguez-Ortiz, G., Ruíz-Luna, J. y Velasco-Velasco, V.A. (2021). Growth of Agave angustifolia Haw. in relation to its nutritional condition. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(5), 865-873. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2638

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M. and Murphy, A. (2023). Fundamentals of plant physiology. Sinauer Associates, New York, U.S.A. 561 p.

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL MEZQUITE (*Prosopis* spp.) EN EL NOROESTE DE MÉXICO UTILIZANDO SENSORÍA REMOTA

Gerardo Delgado-Ramírez[1]*, Luis Ángel Hernández-Martínez[2], Juan Estrada-Ávalos[1], Enrique Miguel Valle[3], Eva Aurora Bautista-Calderón[1]

[1]CENID RASPA, INIFAP; [2]Campo Experimental Todos Santos, Centro de Investigación Regional Noroeste, INIFAP; [3]Instituto Tecnológico de Torreón (ITT).
*Autor para correspondencia: delgado.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Índices de vegetación, Sentinel-2, teledetección.

Introducción

El mezquite se desarrolla en las regiones áridas y semiáridas de México y tiene muchos usos. Su madera se utiliza como leña y en la construcción de cercas, sus vainas se emplean como forraje y como alimento para seres humanos. También produce resina que se usa para hacer pegamentos y barnices, mientras que sus flores son claves para la producción de miel (Rodríguez *et al*., 2014). Los mezquitales también son una fuente de alimento y refugio para los animales, ayudan a evitar la erosión del suelo y contribuyen en la fijación de carbono y nitrógeno atmosférico.

La distribución del mezquite abarca casi todo México, salvo las zonas montañosas y las partes bajas del sureste del país. Se encuentra espacialmente en zonas áridas y semiáridas, aunque también puede desarrollarse en zonas donde las temperaturas promedio varían entre 20 y 29 ºC, y con precipitaciones que oscilan entre 350 y 1200 mm al año. Puede crecer desde el nivel del mar hasta altitudes de 2200 m. Se desarrolla preferentemente en llanuras y bajíos, en suelos profundos que son aptos para la agricultura, lo que ha llevado a que se desplace de muchos lugares (García, 2014).

En la actualidad, el mezquite se considera un recurso muy valioso para las personas que habitan en zonas áridas. Estas comunidades lo utilizan como una actividad adicional a la agricultura, la ganadería y la explotación de otras especies silvícolas. No obstante, en diversas regiones del país, la cantidad de mezquites ha mermado considerablemente, lo que hace esencial promover su uso sustentable. Esto debe llevar a la generación de beneficios económicos para quienes poseen este recurso, sin causar daño ni extinción a las poblaciones nativas de mezquite.

En base a lo que se ha mencionado previamente, resulta fundamental conocer los requerimientos hídricos del mezquite tanto en forma espacial como temporal a lo largo de su ciclo vegetativo, con el propósito de identificar regiones con alto potencial productivo en el noroeste de México. Es así que el objetivo es estimar la evapotranspiración del mezquite a lo largo de su ciclo de crecimiento con el uso de imágenes de satélite Sentinel-2 y las fórmulas propuestas en el manual FAO-56 para determinar el coeficiente de cultivo en vegetaciones nativas.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en una zona de mezquital conocida como Venustiano Carranza, que se encuentra en el municipio de Mexicali, en Baja California. El área de estudio está situada a 32° 12’ 4.5” de latitud norte y 115° 10’ 50.9” de longitud oeste, con una altitud de 10 msnm, cubriendo una superficie de 8.38 ha. La estimación de la evapotranspiración (ET) del mezquite se realizó entre el 17 de marzo y el 2 de noviembre de 2019. A lo largo de este período, se abarcaron las diferentes etapas fenológicas del mezquite que incluyen el crecimiento vegetativo, la aparición de primordios florales, el crecimiento de inflorescencias, la floración, la producción de frutos, la maduración de semillas y la caída de frutos. La estimación de la evapotranspiración (ET) del mezquite se llevó a cabo usando el enfoque dos pasos, conocido como “Coeficiente de Cultivo – Evapotranspiración de Referencia (Kc – ET_0)”, el cual se detalla en el manual FAO-56. La metodología Kc – ET_0 asistida por teledetección deriva el valor del coeficiente de cultivo desde las imágenes adquiridas por el satélite Sentinel 2A y 2B. Utilizando los valores diarios del Kc, estimados mediante el ajuste del NDVI, se logró determinar la ET diaria del mezquite con la siguiente ecuación:

$$ET = \sum_{d=1}^{n} ET_0 * Kc \quad (1)$$

Donde, ET_0 es la evapotranspiración de referencia (mm); Kc es el coeficiente de cultivo diario estimado con el enfoque de vegetación natural (adimensional).

El cálculo de la ET_0 se efectuó utilizando la fórmula Blaney-Criddle (Doorenbos y Pruitt, 1977), dado que solo se disponía de registros de la temperatura máxima y mínima promedio diario a lo largo del período de análisis. Las temperaturas fueron recabadas de la estación "Colonia Mariana", situada próxima al área de estudio y que forma parte de la red de estaciones climáticas automáticas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).
Para estimar el Kc del mezquite, se utilizó la metodología descrita en el manual FAO-56 (Allen *et al*., 2006). El Kc inicial (Kc_{ini}) se estableció de acuerdo con la gráfica que se incluye en el dicho manual, la cual se basa en la cantidad de agua que ha infiltrado en el suelo (ya sea por riego o precipitación) y la ET_0 del área de estudio. En cuanto al Kc de la etapa media (Kc_{med}) y de la etapa final (Kc_{fin}), se utilizó la siguiente expresión:

$$Kc_{med}\ o\ Kc_{fin} = Kc_{ini} + (Kc_{full} - Kc_{ini})(1 - exp[-0.7 * LAI]) \quad (2)$$

Donde, Kc_{full} representa el valor estimado de Kc en la etapa media (en el punto más alto del tamaño o la altura de la planta) para la vegetación que cubre por completo el suelo o con un LAI mayor de 3. El LAI fue determinado mediante la ecuación propuesta por Velasco y Bernabé (2004) utilizando imágenes de satélite Sentinel-2 y el índice SAVI.

Se utilizó un conjunto de 30 imágenes del satélite Sentinel-2 para cubrir totalmente el ciclo vegetativo del mezquite durante el período de análisis. Tras la descargada de las imágenes, se llevó a cabo un preprocesamiento mediante el complemento "Semi Automatic Classification (SCP)" del software Qgis.
Para calcular Kc_{full} se aplicó la siguiente ecuación:

$$Kc_{full} = 1.2 + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(HR_{min} - 45)]\left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (3)$$

Donde, u_2 es la velocidad promedio del viento registrada a 2 de altura en las etapas media y final (m seg^{-1}); HR_{min} indica el promedio diario de la humedad relativa mínima diaria durante las etapas media y final (%); h es la altura máxima promedio de la planta o árbol (m).

Para estimar $Kc_{full,}$ se descargaron los datos diarios promedio de la velocidad del viento (u_2) y la humedad relativa (HR) desde de la plataforma NASA-POWER (https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/) durante el período de estudio. Se utilizó la localización de la estación "Colonia Mariana" como punto de referencia. La HR_{min} se estimó usando la ecuación recomendada en el manual FAO-56.
Una vez obtenidos los valores de Kc_{med} y K_{cfin}, estos se relacionaron con los valores de NDVI obtenidos de las imágenes Sentinel-2 para generar un modelo lineal que permita estimar el Kc diario del mezquite en función del NDVI.

Resultados y discusión

En la Figura 1a se muestra la relación lineal que existe entre el Kc de las etapas media (Kc_{med}) y final (Kc_{fin}) y el índice NDVI. Utilizando el modelo lineal Kc = 1.3309*NDVI – 0.2715 (R^2 = 0.82), se logró estimar el valor diario de Kc para esas etapas vegetativas, correspondientes de las fechas del 19 de agosto al 2 de noviembre de 2019.
En la Figura 1b se presenta la distribución temporal de la evapotranspiración de referencia (ET_0), calculada utilizando la ecuación de Blaney – Criddle con datos de las temperaturas máximas y mínimas. La ET0 se determinó desde el 17 de marzo (día juliano 19076) hasta el 2 de noviembre de 2019 (19306). El 17 de julio (19198) se registró la ET0 más alta, alcanzando 11.0 mm $día^{-1}$. Durante este intervalo, la ET_0 acumulada fue de 1647.2 mm.
En la Figura 2 se muestra la evapotranspiración (ET) acumulada por mes del mezquite calculada a lo largo del período de estudio (marzo –noviembre de 2019). Se puede notar que en agosto, el mezquite alcanzó su máxima ET mensual (79.2 mm). Durante todo su ciclo vegetativo, el mezquite registró una ET acumulada de 298.0 mm.

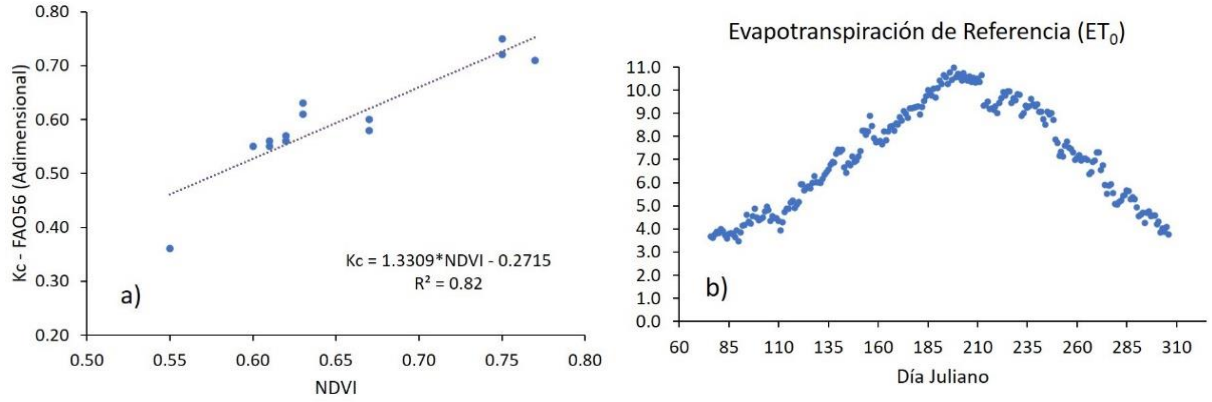


Figura 1. Relación lineal entre el Kc del mezquite estimado por la metodología FAO-56 en las etapas (Kc_{med} y Kc_{fin}) y los valores de NDVI obtenidos en el área de estudio (a) y distribución temporal de la ET_0 a lo largo del período de análisis(b).

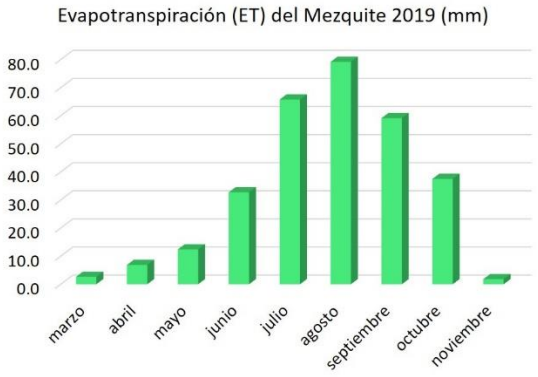


Figura 2. Evapotranspiración (ET) mensual acumulada del mezquite durante el período de estudio.

Conclusiones

Al implementar el enfoque expuesto en el manual FAO-56 para calcular la evapotranspiración de la vegetación nativa y utilizando imágenes satelitales Sentinel-2, junto con los índices de vegetación NDVI y SAVI, se logró determinar la evapotranspiración acumulada del mezquite a lo largo de su ciclo vegetativo en un área de mezquital ubicada en el noroeste de México. Es recomendable validar, ajustar y calibrar los modelos generados en esta investigación con mediciones de campo para definir con precisión el valor de la evapotranspiración de forma espacial y temporal. Esta información será fundamental para determinar el potencial productivo del mezquite en relación con la evapotranspiración y la precipitación efectiva en el área de interés.

Referencias bibliográficas

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO Riego y Drenaje Manual 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Doorenbos, J., and Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements; Irrigation and Drainage Paper FAO-24; FAO: Rome, Italy.

García-Mosqueda, G. E. (2014). Biomasa de dos especies de matorral en tres densidades de plantación en Tamaulipas, México. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 10(2), 52-59.

Rodríguez, S. E. N., Rojo, M. G. E., Ramírez, V. B., Martínez, R. R., Cong, H. M. D. L. C., Medina, T. S. M., y Piña, R. H. H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (Prosopis laevigata Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. Ra Ximhai, 10(3), 173-193.

Velasco, E. y Bernabé, R.M., 2004. Emisiones Biogenéticas. Primera Edición. Ciudad de México D.F., México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Instituto Nacional de Ecología.

ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE SEQUÍAS METEREOLÓGICA CON BASES DE DATOS DE PRECIPITACIÓN DE ALTA RESOLUCIÓN EN LA CUENCA DEL PÁNUCO

Juan Alberto Velázquez Zapata[1*] Rodrigo Dávila Ortiz[2]

[1]SECIHTI- Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica; [2] EarthDefine LLC
[*]Autor para correspondencia: juan.velazquez@ipicyt.mx

Palabras clave: índice estandarizado de precipitación, bases de datos, sequía

Introducción

El monitoreo de sequías requiere contar con datos de precipitación precisos y de alta calidad. No obstante, los registros históricos meteorológicos de México presentan diversas limitaciones. Por ejemplo, Livneh *et al.* (2015) identificaron una notable reducción en el número de estaciones meteorológicas desde el año 2000, y señalaron que el norte del país presenta una baja densidad de estaciones. Ante la falta de observaciones meteorológicas confiables, se han utilizado y evaluado productos de precipitación —como datos interpolados y estimaciones satelitales— con el objetivo de monitorear la sequía en distintas regiones y condiciones climáticas.

El trabajo de Hinge *et al*. (2021) reporta un metaanálisis de estudios que utilizan productos de precipitación para evaluar la sequía meteorológica y destacaron dos bases de datos ampliamente utilizados: CHIRPS (Climate Hazards Group infrared precipitation with station data) y PERSIANN-CDR (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks – Climate Data Record). Estas bases de datos de precipitación son muy utilizadas en diversas regiones del mundo debido a su amplia cobertura temporal. En los estudios analizados, se empleó el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés) para evaluar la sequía meteorológica.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar tres bases de datos de precipitación de alta resolución con el fin de comparar su desempeño con observaciones en términos del ciclo anual de precipitación e indicadores de sequía basados en el SPI en la región de la cuenca del bajo Panuco del centro de México.

Materiales y métodos

La región de estudio es la cuenca del Panuco en la región del parteaguas del río Santa María, que fluye de oeste a este en los estados de Guanajuato y San Luis Potosí. La confluencia del río Moctezuma con el Tampaón toma el nombre de río Pánuco. Antes de desembocar en el Golfo de México, el río Pánuco recibe la aportación del río Tamesí (estado de Tamaulipas) desde el noroeste. La Figura 1 muestra la región de estudio y el Cuadro 1 muestra las estaciones meteorológicas seleccionadas.

Los datos meteorológicos se obtuvieron a partir de cuatro tipos de bases de datos: estaciones meteorológicas y tres bases de datos de alta resolución.

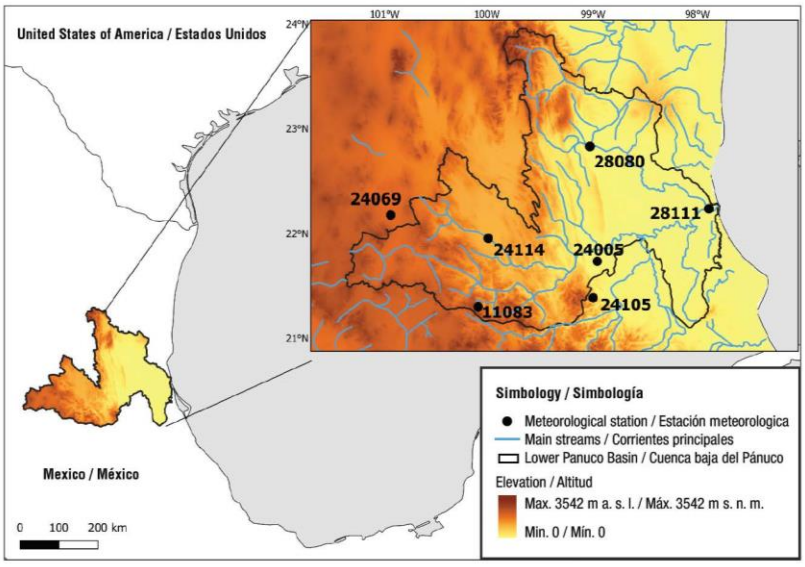


Figura 1. Región de estudio.

La precipitación mensual observada se tomó de siete estaciones del SMN. Los datos de alta resolución seleccionados son 1) los datos de National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Livneh *et al*. 2015), la cual consiste en la precipitación diaria observada en una malla a un 1/16°. 2) Datos CHIRPS (Funk *et al*.2015) con resolución de 0.05° y c) datos PERSIANN-CDR (Nguyen *et al*., 2018) con resolución

de 0.25°. El periodo común es de 1983-2013 y se analizaron en un intervalo mensual. Los periodos de sequía se evaluaron con los valores del SPI de 12 meses.

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas con su identificador oficial del servicio meteorológico nacional (SMN) y el tipo de clima.

Número de estación	Nombre	Tipo de clima	Precipitación media anual (mm)
24069	San Luis Potosí	BsK	387
11083	Xichu	CwA	558
24114	Rioverde	CwA	500
24105	Xilitla	Af	2 673
24005	Ballesmi	Af	1 513
28080	Río Frío	Aw	1 058
28111	Tampico	Aw	1 157

Resultados y discusión

La precipitación varía según los modelos y las estaciones. Las estaciones situadas en climas secos y templados (estaciones 24069, 11083 y 24114) tienen buena representación de la cantidad de precipitación con las bases de datos. Las diferencias, con respecto a los datos del SMN, son del 3 y -5 % para los datos de NOAA y CHIRPS, respectivamente. La diferencia evaluada con los datos PERSIANN-CDR es de aproximadamente 22 %. Las estaciones situadas en el tipo de clima tropical húmedo (24005, 28080 y 28111) muestran una subestimación de la precipitación de aproximadamente -24, -16 y -27 %, con los datos de NOAA, CHIRPS y PERSIANN-CDR, respectivamente. La mayor subestimación se observa en el tipo de clima montañoso húmedo (estación 24105), con valores que oscilan entre -50 y -60 %.

En la Figura 2, a modo de ejemplo, muestra una buena concordancia entre los valores obtenidos con las observaciones y los datos de precipitaciones, pero algunas diferencias conducen a una clasificación diferente. El periodo seco de 1996-1997 identificado con las observaciones no se registra correctamente con datos PERSIANN-CDR, ya que estos datos identifican este periodo como casi normal. Otro caso es el periodo normal de 2012-2013, que las demás bases de datos señalan como periodo seco. Del mismo modo, el periodo húmedo entre 2007 y 2009 no se registra con datos de PERSIANN-CDR. Los valores de correlación del SPI obtenido entre los datos del SMN y las otras bases de datos son 0.89, 0.92 y 0.77, para NOAA, CHIRPS y PERSIANN-CDR, respectivamente. Las diferencias en la frecuencia de los eventos se muestran en la Figura 2b. Los datos de NOAA muestran una frecuencia elevada de eventos muy húmedos y una frecuencia baja de eventos moderadamente secos. Por otro lado, no se registraron eventos extremadamente secos con datos del SMN, pero sí con NOAA y PERSIANN-CDR.

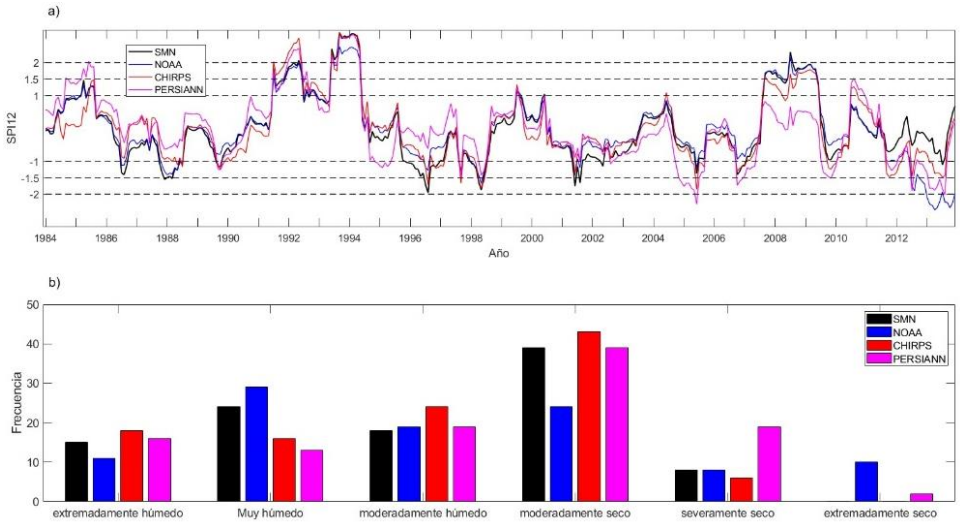


Figura 2. SPI de 12 meses (a) y frecuencia de periodos húmedos y secos (b) evaluados con SPI para la estación 24005.

Conclusiones

Los resultados de la evaluación varían dependiendo de la estación y el tipo de clima seleccionado. Al evaluar todas las estaciones (Velázquez 2023), los datos de NOAA generaron los mejores resultados en términos estadísticos, y en la reproducción de los periodos húmedos y secos; sin embargo, esta base de datos tiene las desventajas de la disponibilidad de datos, hasta 2013 y solo en Norteamérica. En cambio, los datos de CHIRPS se actualizan constantemente y el dominio espacial es mundial. Los productos de precipitación se deben evaluar en función de la representación del ciclo anual, así como de la cantidad y variabilidad de las precipitaciones. Los resultados podrían diferir según las condiciones climáticas de cada zona de estudio, por lo que se deben evaluar para cada una de ellas antes de su utilización para evaluar indicadores de sequía.

Referencias bibliográficas

Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., Husak, G., Rowland, J., Harrison, L., Hoell, A., & Michaelsen, J. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations - a new environmental record for monitoring extremes. Scientific data, 2(1), 150066. https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66

Hinge, G., Mohamed, M. M., Long, D., & Hamouda, M. A. (2021). Meta-analysis in using satellite precipitation products for drought monitoring: lessons learnt and way forward. Remote Sensing, 13(21), 4353. https://doi.org/10.3390/ rs13214353

Livneh, B., Bohn, T. J., Pierce, D. W., Munoz-Arriola, F., Nijssen, B., Vose, R., Cayan, D. R., & Brekke, L. (2015). A spatially comprehensive, hydrometeorological data set for Mexico, the US, and Southern Canada 1950-2013. Scientific data, 2(1), 1-12. https://doi.org/10.1038/sdata.2015.42

Nguyen, P., Ombadi, M., Sorooshian, S., Hsu, K., AghaKouchak, A., Braithwaite, D., Ashouri, H., & Thorstensen, A. R. (2018). The PERSIANN family of global satellite precipitation data: A review and evaluation of products. Hydrology and Earth System Sciences, 22(11), 5801-5816. https://doi.org/10.5194/hess-22-5801-2018

Velázquez-Zapata, J. A. (2023). Evaluation of the SPI with high-resolution datasets in historical and future climate in central Mexico. Ingeniería agrícola y biosistemas, 15(2), 23-43.

VARIABILIDAD EN LA PROYECCIÓN DE SEQUÍAS EN MÉXICO EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Rodrigo Dávila Ortiz[1*] Juan Alberto Velázquez Zapata [2]

[1]EarthDefine LLC; [2]SECIHTI-Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica
[*]Autor para correspondencia: rodrigo.ingambiental@gmail.com

Palabras clave: Sequía, proyecciones climáticas CMIP6, variabilidad.

Introducción

En las próximas décadas, el cambio climático alterará los patrones de precipitación y temperatura, intensificando la ocurrencia de sequías. Las simulaciones numéricas son clave para proyectar condiciones futuras bajo distintos escenarios, al modelar fenómenos como la circulación atmosférica y las interacciones océano-atmósfera (IPCC, 2021). Sin embargo, sus resultados varían según la estructura del modelo, las parametrizaciones y las condiciones iniciales, especialmente en regiones como México, donde la diversidad climática genera respuestas heterogéneas. Este estudio utiliza proyecciones climáticas generadas por múltiples modelos globales del Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6), para el periodo futuro 2070–2099, bajo un escenario de altas emisiones correspondiente a la Trayectoria Socioeconómica Compartida SSP5-8.5 (Velázquez-Zapata & Dávila-Ortiz, 2025). El objetivo es evaluar la variabilidad de las proyecciones de sequía debido a la selección del modelo.

Materiales y métodos

Se utilizo la delimitación del país en 37 regiones hidrológicas (RH)de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Las proyecciones de precipitación simulada se derivaron de tres modelos climáticos globales (Cuadro 1), bajo el experimento CMIP6 (Eyring *et al*., 2016). Se seleccionó la Trayectoria Socioeconómica Compartida SSP5-8.5 (en adelante, S85), correspondiente a un escenario de alto forzamiento radiativo, que representa condiciones de cambio climático más intensas.

Cuadro1. Modelos climáticos seleccionados.

Modelo	Instituto
CanESM5	Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Canada
CESM2-WACCM	National Center for Atmospheric Research, USA
KIOST-ESM	Max Planck Institute for Meteorology, Deutscher Wetterdiens, Germany

Los indicadores de sequía utilizados se basan en el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en inglés), con duración de 12 meses (SPI-12). Esta escala es particularmente útil para identificar sequías de largo plazo. El cálculo del SPI se realizó con las series de proyecciones climáticas de 1985 a 2099.La metodología adoptada considera el inicio de un evento de sequía cuando el valor del SPI-12 cae por debajo de −1 durante al menos dos meses consecutivos, y su finalización cuando dicho valor se vuelve positivo. Con base en esta definición, se calcularon los siguientes indicadores: a) Frecuencia de sequía, entendida como el número total de eventos dentro de un periodo determinado. b) Duración de la sequía, calculada como la suma de los meses comprendidos entre el inicio y el fin de cada evento. Los indicadores de sequía se compararon entre el periodo base (1985-2014) contra el periodo futuro (2071-2100).

Resultados y discusión

La Figura 1 compara las proyecciones de frecuencia y duración de sequías entre el periodo base y el periodo futuro. Los valores positivos en los ejes indican incremento en la duración y frecuencia de sequías. En particular, CESM2-WACCM exhibe la mayor variabilidad, con colas de distribución extendidas que reflejan una alta sensibilidad a condiciones extremas, mientras que KIOST-ESM y CanESM5 presentan rangos más acotados, aunque con desplazamientos sistemáticos en sus medianas. Esta variabilidad intrínseca entre modelos, donde CESM2-WACCM incluye proyecciones más extremas y KIOST-ESM tiende a valores más conservadores, subraya las diferencias estructurales en las simulaciones climáticas incluso bajo el mismo escenario.

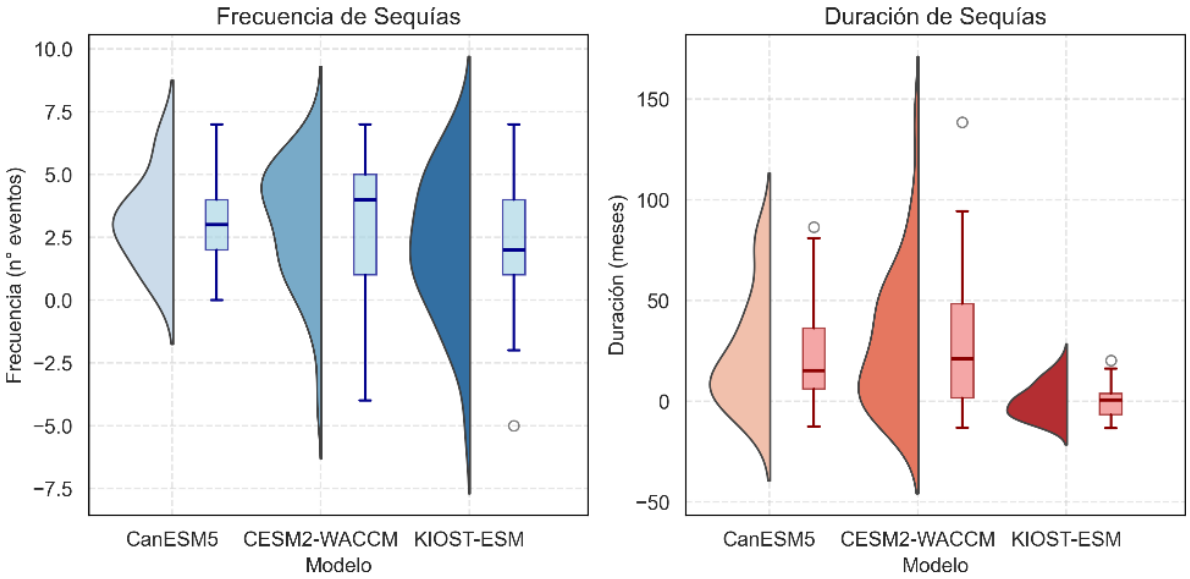


Figura 1. Cambios en las distribuciones de frecuencia y duración de sequías (en meses) proyectadas (2071-2100) comparadas con el periodo de base (1985-2000) bajo SSP5-8.5 para los tres modelos climáticos CanESM5, CESM2-WACCM y KIOST-ESM. Cada gráfico de violín y boxplot se calculó utilizando los resultados de las RH.

La Figura 2 muestra el cambio en la frecuencia de sequías (número de eventos) entre el período de referencia (1985-2014) y el futuro (2070-2099). Los resultados revelan una marcada variabilidad entre los modelos climáticos analizados. El modelo KIOST-ESM presenta la mayor variabilidad en el número de eventos proyectados, lo cual es consistente con la amplia variabilidad observada en la distribución de este indicador en la Figura 1. En particular, se destaca una tendencia hacia una menor frecuencia de sequías en las RH del norte del país, especialmente en KIOST-ESM y CESM2-WACCM. Sin embargo, esta reducción no es evidente en CanESM5, donde no se registran valores negativos, lo que sugiere una discrepancia clave entre los modelos en la respuesta climática de estas regiones.

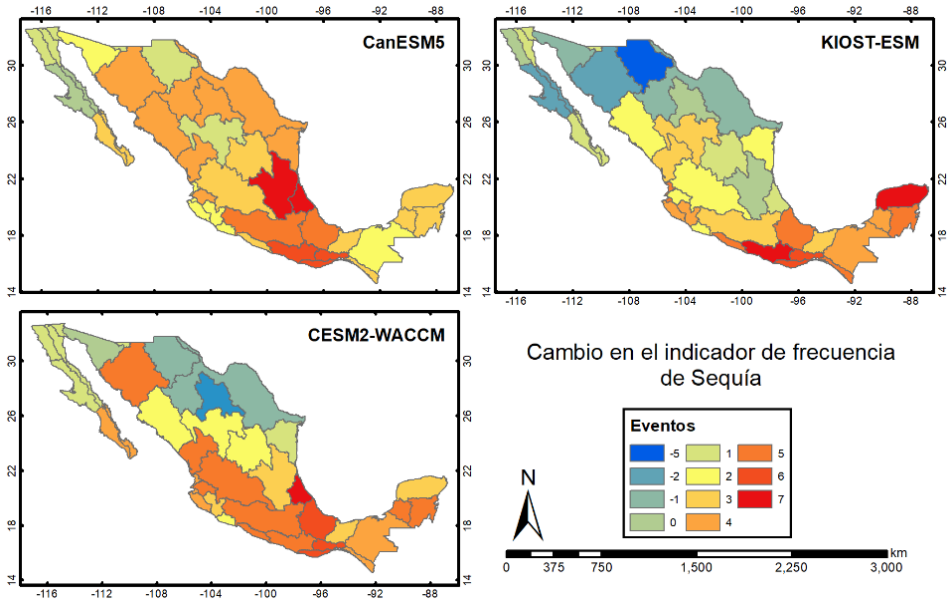


Figura 2. Cambio en el indicador de frecuencia de sequía (eventos) entre el período de referencia (1985-2014) y el período futuro (2070-2099, bajo el escenario S85.

Por otro lado, la Figura 3 ilustra los cambios en la duración media de las sequías (meses) para el mismo período futuro. Aquí, las diferencias entre modelos son aún más pronunciadas. Mientras que KIOST-ESM proyecta variaciones moderadas, con cambios que oscilan entre -15 y +20 meses observándose disminuciones en la duración en el norte, los modelos CanESM5 y CESM2-WACCM muestran aumentos extremos en regiones como el Bajío y la Península de Yucatán, con duraciones que alcanzan hasta 100 y 140 meses, respectivamente. Esta amplia variabilidad entre RH explica la dispersión en los valores medios del indicador presentados en la Figura 2.

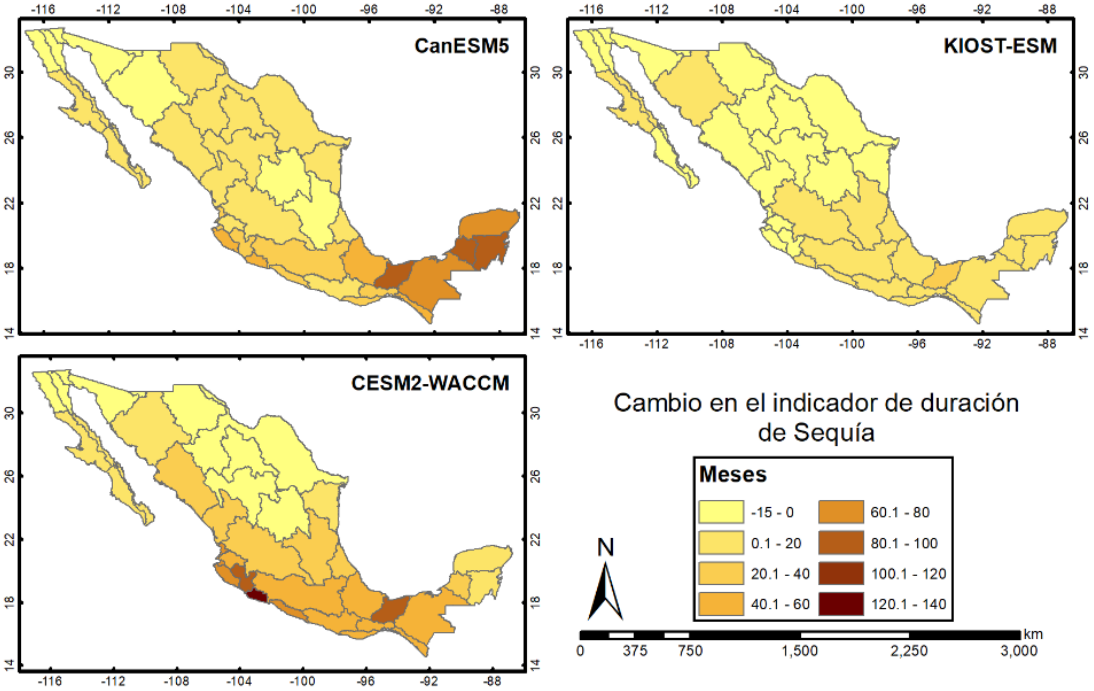


Figura **3.** Cambio en el indicador de duración de sequía (meses) entre el período de referencia (1985-2014) y el período futuro (2070-2099) bajo el escenario S85.

Conclusiones

Estos resultados resaltan la incertidumbre inherente a las proyecciones de sequía, especialmente bajo escenarios de alto forzamiento radiativo. Las discrepancias entre modelos reflejan no solo diferencias en sus parametrizaciones físicas, sino también la complejidad de capturar la variabilidad climática regional. Por ello, resulta esencial considerar enfoques de modelado multi-ensamble que permitan cuantificar y reducir los sesgos individuales, al tiempo que integren la variabilidad intrínseca de los modelos climáticos.

Referencias bibliográficas

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. Geoscientific Model Development, 9(5), 1937-1958. https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

Velázquez-Zapata, J. A., & Dávila-Ortiz, R. (2025). Projected Meteorological Drought in Mexico Under CMIP6 Scenarios: Insights into Future Trends and Severity. Geosciences, 15(5), Article 5. https://doi.org/10.3390/geosciences15050186

SECCIÓN 2
Biotecnología y genómica



"LA CIENCIA NO PARA, AÚN EN PANDEMIA" / *Luis Felipe Guzmán Rodríguez*

DETECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE POLEROVIRUS CPLRV ASOCIADO AL AMARILLAMIENTO Y ENROLAMIENTO DE LAS HOJAS DE GARBANZO EN SINALOA, MÉXICO

Milagros Ramírez Soto[1,2*], Carlos Alfonso López Orona[2], Juan Manuel Tovar Pedraza[3], Alfredo Diaz Lara[4], Luis Alfonso Amarillas Bueno[2], José Antonio Garzón Tiznado[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán; [2]Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa; [3]Laboratorio de Fitopatología, Subsede Culiacán, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo; [4]School of Engineering and Sciences, Tecnologico de Monterrey, Campus Querétaro.
*Autor para correspondencia: ramirez.milagros@inifap.gob.mx

Palabras clave: Polerovirus, amarillamiento, RT-PCR, filogenia

Introducción

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) una leguminosa anual, autógama y diploide (2n=2x=16), con 738 Mb de ADN y unos 28, 269 genes (Varshney *et al*., 2013), importante en la agricultura y alimentación global, cultivada en más de 14 millones de hectáreas en 49 países. India es el principal productor, mientras que México produce alrededor de 142,683 toneladas anuales, con Sinaloa aportando el 70% de la producción. El garbanzo mexicano es apreciado por su tamaño, rendimiento y resistencia a enfermedades, y se destina principalmente a la exportación. A pesar del éxito productivo, las enfermedades virales representan una amenaza significativa para este cultivo a nivel global, diversos virus pertenecientes a los géneros *Potyvirus, Alfamovirus, Luteovirus, Cucumovirus, Enamovirus, Nanovirus* y *Polerovirus* pueden afectar la producción. Sin embargo, en México los estudios sobre estas enfermedades son escasos. Se han identificado más de 40 virus que afectan leguminosas. Entre ellos, los Polerovirus tienen el mayor impacto económico. Existen 77 especies registradas a este género, incluyendo *Turnip yellows virus* (TuYV), *Chickpea chlorotic stunt virus* (CPCSV) y *Beet western yellows virus* (BWYV), reportadas en garbanzo. Estos virus provocan síntomas como amarillamiento, enrojecimiento foliar, deformaciones y enanismo, y en algunos casos no se presentan síntomas visibles. En México, la única especie de *Polerovirus* reportada previamente era BWYV, identificada en *Malva parviflora*. Sin embargo, en 2022, se detectó por primera vez en garbanzo una nueva especie del género, *Chickpea leafroll virus* (CPLRV), en el estado de Guanajuato. CPLRV pertenece al género *Polerovirus* y su genoma es ARN de cadena sencilla positiva con unos 5770 nucleótidos y está compuesto por siete marcos de lectura abiertos (ORF). Estas regiones codifican proteínas involucradas en la replicación, supresión del silenciamiento génico, movimiento celular y transmisión por áfidos. A pesar de estos hallazgos, la diversidad y prevalencia de *Polerovirus* en las principales zonas productoras de garbanzo en México, como Sinaloa, sigue siendo poco estudiada. Por ello, el presente estudio se enfocó en detectar mediante análisis moleculares al virus responsable de la sintomatología observada en los cultivos de garbanzo de dicha región.

Materiales y métodos

Durante el 2022, se recolectaron hojas 35 plantas de garbanzo con síntomas de virosis provenientes de parcelas comerciales distribuidas en Sinaloa, México, incluido un control negativo (sin síntomas). Se realizó extracción de ácidos nucleicos total siguiendo el método de bromuro de cetiltrimetilo (CTAB) según el procedimiento indicado por Abarshi *et al*. (2010) y modificado por Chiquito-Almanza *et al*. (2014). Las muestras se analizaron inicialmente con iniciadores genéricos para diversos géneros de virus en plantas: *Mastrevirus* 371 bp, *Nanovirus* 666 bp, *Potyvirus* 350 bp, *Polerovirus* 930 bp y *Begomovirus* 1400 bp previamente reportados en garbanzo a nivel mundial.

La síntesis de cDNA se realizó utilizando el kit de síntesis de cDNA Maxima First Strand para RT-PCR (Thermo Scientific, USA), según las instrucciones del fabricante. Para la detección de virus se realizó una reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa RT-PCR de un solo paso, con los oligos NADH (*β*) como control interno para la verificar la calidad de los AN, Potyvirus, Polerovirus Gen y Polerovirus CPLRV. Para la detección de virus de ADN se realizó PCR con los iniciadores descritos para Begomovirus, Nanovirus y Mastrevirus. Finalmente, los productos de RT-PCR y PCR se examinaron mediante electroforesis en gel de agarosa al 1% en buffer TBE teñido con 1X SYBR Green. Las secuencias obtenidas se alinearon mediante el software Geneious 2019.2.3. Incluyó secuencias de genomas completos correspondientes a un virus de la misma especie, de especies diferente pero dentro del mismo

género, y de una especie de un género diferente. Las secuencias de los virus obtenidos se analizaron mediante el método de Máxima Verosimilitud con 1000 repeticiones de Bootstrap en MEGA X.

Resultados y discusión

Los síntomas más prevalentes que sugieren una infección viral en el garbanzo fueron amarillamiento, clorosis, acortamiento de entrenudos, enrollamiento de las hojas, retraso en el crecimiento de plantas y hojas. Durante las visitas de campo, se detectaron áfidos (Familia *Aphididae*) en niveles altos en las muestras que resultaron positivas.

La especie de áfido más común en los garbanzos fue el adulto alado de *Myzus persicae*; su naturaleza altamente dispersiva contribuye significativamente a su eficacia como vectores de virus vegetales (Rashed, *et al*., 2018); sin embargo, también se observó la presencia de *Bemisia* sp. Mediante las pruebas de RT-PCR cuatro muestras produjeron amplicones de 593 pb al utilizar los iniciadores universales para *Polerovirus* (Polero Generic). Por otro lado, los resultados de las pruebas de PCR utilizando cuatro pares de iniciadores específicos para *Mastrevirus, Nanovirus, Potyvirus,* y *Begomovirus*, revelaron que las 35 muestras analizadas fueron negativas. Las mismas cuatro muestras también generaron amplicones de 930 pb cuando se utilizaron con iniciadores específicos para CPLRV en la prueba de RT-PCR (Figura 1).

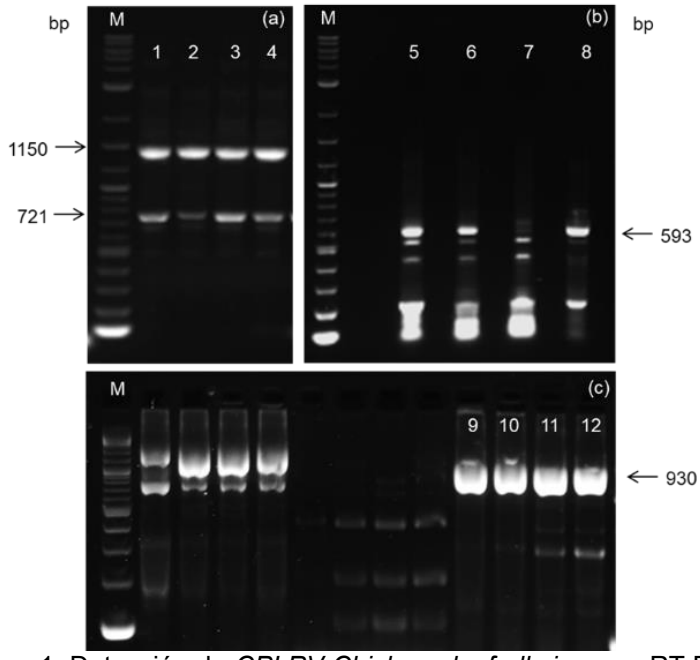


Figura 1. Detección de *CPLRV Chickpea leafroll virus* por RT-PCR; (a) NADH deshidrogenasa ND-2, carriles 1-4 muestras evaluadas para calidad del ARN (721 pb); (b) RT-PCR genérica para Polerovirus, carriles 5b: aislado G1, 6b:H1, 7b:E2, 8b:F2 y (c) detección de CPLRV con primers específicos para RT-PCR carriles 9c:G1, 10c:H1, 11c:E2, 12c:F2. M: marcador molecular (100 pb).

Se obtuvieron secuencias parciales de la proteína replicasa ARN (RdRp) de 657 nt de cuatro aislados diferentes, denominados G1CHMX, H1CHMX, E2CHMX y F2CHMX. Las secuencias fueron depositadas en GenBank bajo los números de acceso PV169315–PV169318.

El dendrograma generado con el análisis de secuencias de aminoácidos de la proteína RdRp (ARN replicasa) mostró que los cuatro aislados identificados en este estudio se agruparon con miembros del género *Polerovirus* particularmente con la secuencia del aislado *Polerovirus CPLRV* (número de acceso ON555767) (Chiquito *et al*., 2022), evidenciando una alta homología (99%) entre ellos (Figura 2).

Conclusiones

Nuestro estudio reveló la presencia de *Polerovirus CPLRV* en campos comerciales de garbanzo tipo Kabulli en Sinaloa, México. Siendo el primer reporte de la presencia de una especie de Polerovirus infectando garbanzo en Sinaloa y asociado con malformación de hojas, enanismo y amarillamiento marginal de los folíolos. Estos hallazgos aportan evidencia crucial, subrayando la importancia de monitorear y gestionar estas infecciones virales, sus hospedantes y vectores que permita comprender el impacto de este patógeno en cultivos de garbanzo en México.

Fuente financiadora

Recursos propios.

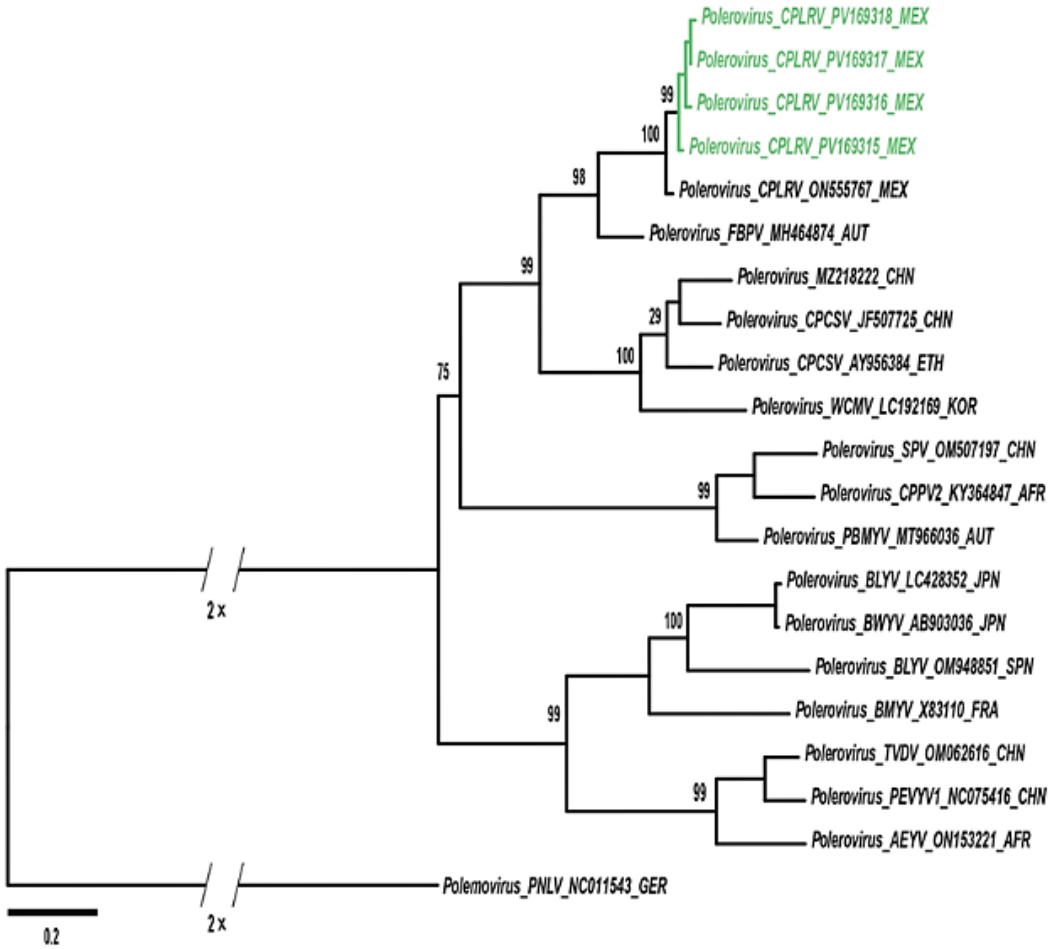


Figura 2. Árbol filogenético de máxima verosimilitud generado con secuencias de aislados del género Polerovirus. El análisis abarcó 21 secuencias de especies de *Polerovirus*. El árbol de consenso bootstrap inferido a partir de 1000 réplicas se toma para representar la historia evolutiva de los taxones analizados. Los análisis evolutivos se llevaron a cabo en MEGAX.

Referencias bibliográficas

Abarshi M, Mohammed I, Wasswa P, Hillocks R, Holt J, Legg J, *et al*. 2010. Optimization of diagnostic RT-PCR protocols and sampling procedures for the reliable and cost-effective detection of Cassava brown streak virus. Journal of Virological Methods.163(2):353-359. Doi: 10.1016/j.jviromet.2009.10.023

Chiquito-Almanza E, Acosta-Gallegos J, García-Álvarez N, Cuellar W, Martínez-Martínez T, Anaya-López J. 2014. Detection of virus damaging the dry bean crop in Nayarit, Mexico. J Chem Biol Phys Sci. 4:48-55.

Chiquito-Almanza E, Acosta-Gallegos J, Anaya-López JL. 2022. Complete genome sequence of a novel polerovirus infecting chickpea (Cicer arietinum L.). Archives of Virology. 167(12):2783-2788. Doi: 10.1007/s00705-022-05581-w

Rashed A, Feng X, Prager SM, Porter LD, Knodel JJ, Karasev A, *et al*. 2018. Vector-borne viruses of pulse crops, with a particular emphasis on North American cropping system. Annals of the Entomological Society of America. 111(4):205-227. Doi: 10.1093/aesa/say014

Varshney RK, Song C, Saxena RK, Azam S, Yu S, Sharpe AG, Tar'an B. 2013. Draft genome sequence of chickpea (Cicer arietinum) provides a resource for trait improvement. Nature biotechnology, 31(3), 240. Doi: 10.1038/nbt.2491

CARACTERIZACIÓN DE LA MICROBIOTA DEL SUELO EN CULTIVOS DE NOPAL VERDURA MEDIANTE METABARCODING

Lorena Jacqueline Gómez-Godínez[1*], Aguirre Noyola José Luis[1], Ruiz Rivas Magali[2], Ramón Ignacio Arteaga Garibay[1], Avendaño Arrazate Carlos Hugo[1*]

[1]CNRG, INIFAP; [2]CE. Uruapan, INIFAP.
*Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx, avendano.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: Amplicones, nopal, microbioma.

Introducción

El cultivo de nopal verdura (*Opuntia* spp.) es una actividad agrícola de gran relevancia en México, debido a su importancia económica y su papel en la alimentación tradicional y en la sustentabilidad de comunidades rurales. La productividad y salud del nopal están estrechamente vinculadas a la calidad del suelo en el que se desarrolla, la cual depende en gran medida de la diversidad y funcionalidad de la microbiota presente (Terrazas y Surazi, 2019). Microorganismos como las bacterias del suelo participan activamente en procesos esenciales tales como el ciclo de diferentes nutrientes, la mineralización de materia orgánica, la promoción del crecimiento vegetal y la protección frente a patógenos.

Históricamente, el estudio de la microbiota del suelo se ha basado en técnicas mediante su aislamiento, cultivo e identificación de fenotipo que durante muchos años fueron útiles, sin embargo, actualmente limitan la detección y caracterización de aquellos microorganismos no cultivables, representando apenas una fracción de la diversidad total. Por esta razón, el uso de herramientas moleculares, como el metabarcoding, ha revolucionado el campo de la microbiología del suelo, permitiendo una identificación más precisa y comprensiva de las comunidades microbianas, incluyendo aquellos microorganismos difíciles de cultivar en laboratorio.

El metabarcoding consiste en la secuenciación masiva de regiones genéticas específicas, como el 16S rRNA para bacterias, facilitando así la evaluación de la diversidad, estructura y composición de la microbiota de forma rápida y eficiente. Aplicar esta metodología al estudio del suelo asociado al nopal verdura permitirá conocer con mayor profundidad la interacción microbiana en el ecosistema rizosférico, lo que es crucial para diseñar prácticas agrícolas más sostenibles y optimizar la salud del suelo (Gómez-Godínez *et al*., 2021).

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la microbiota bacteriana presente en el suelo del nopal verdura mediante un enfoque de metabarcoding, para identificar posibles microorganismos benéficos que puedan favorecer la productividad y resistencia del cultivo, potenciando así el desarrollo de estrategias innovadoras para la agricultura sostenible en regiones productoras de nopal.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio y muestreo de suelos: El diseño experimental se considera un diseño completamente aleatorizado con un factor fijo: “zona topográfica” con cuatro niveles (Alta 1, Alta 2, Media, Baja). Cada muestra individual dentro de cada zona fue tratada como réplica biológica. Esto permite evaluar la variabilidad entre-zonas. Los sitios experimentales se ubicaron en Milpa Alta, Ciudad de México. Las muestras fueron recolectadas en, en tres parajes. 1) Tecuahupanc, 2) Acxotla y 3) Cuahuiltlcoch. Antes de la recolección, se limpió la superficie y en cada paraje se realizaron transectos en zigzag y se recolectó una muestra de 150 gramos de suelo a una profundidad de 30 cm. Las muestras se almacenaron en bolsas Ziploc estériles (4 °C) y se transportaron al laboratorio para su posterior procesamiento.

Secuenciación del gen 16s para la identificación de la microbiota asociada: Se obtuvo ADN metagenómico de cada una de las muestras recolectadas utilizando un kit de extracción comercial (Fecal DNA extract Kit, Bio Basic Inc., Markham). La integridad del ADN se verificó mediante electroforesis en gel de agarosa al 1 %. La construcción de las bibliotecas de ADN 16S se realizo mediante el sistema de metagenómica 16S siguiendo las instrucciones del fabricante (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, EE. UU.). Posteriormente, se generaron las bibliotecas de ADNr 16S con el sistema comercial Ion Plus Fragment Library. Finalmente, la secuenciación se realizó con el sistema Ion S5™ (Thermo Fisher Scientific).

Análisis bioinformático de la secuenciación de ADNr 16S: Los archivos obtenidos de la secuenciación fueron limpiados, quitando artefactos de la secuenciación con la herramienta Cutadapt (v. 2.6), también fueron removidas las secuencias con calidad Phred menor a Q30 con DADA2 (v.2019.7). Finalmente, las

secuencias limpias con una calidad superior a 30 se compararon con la base de datos Greengenes, para permitir su asignación a la Secuencia Variante de Amplicón (ASV). Se calculó el índice de diversidad alfa (índice de Shannon) para cada muestra, evaluando la riqueza de las comunidades bacterianas. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas en la diversidad alfa entre las diferentes zonas topográficas (niveles del factor "zona"). La estructura y composición bacteriana a nivel de filo se evaluó mediante análisis de abundancia relativa. Para evaluar diferencias en la composición de las comunidades entre zonas, se realizó un análisis de permutación multivariante de la varianza, basados en matrices de disimilitud (Bray-Curtis).

Resultados y discusión

Se evaluó la diversidad alfa y la composición bacteriana a nivel de filo en cuatro zonas de producción de nopal verdura denominadas A_Baja, B_Media, C_Alta_abajo y D_Alta_arriba. La diversidad alfa se cuantificó mediante el índice de Shannon, evidenciando diferencias significativas entre las clases analizadas. La zona D_Alta_arriba mostró la mayor diversidad alfa, lo que indica una comunidad bacteriana más rica y equitativa en comparación con las demás zonas. En contraste, la zona C_Alta_abajo presentó la diversidad alfa más baja, sugiriendo una comunidad con menor riqueza o dominancia microbiana. Las clases A_Baja y B_Media mostraron valores intermedios, con índices alrededor de 5.54 y 5.53, respectivamente.

El análisis de la composición bacteriana reveló una predominancia de los filos Proteobacteria, Actinobacteriota, Acidobacteriota y Firmicutes en todas las zonas (Figura 1). Sin embargo, se observaron diferencias en las proporciones relativas de estos filos entre las distintas zonas. En particular, la zona D_Alta_arriba se caracterizó por una alta abundancia relativa de Proteobacteria, que coincide con su elevada diversidad alfa. Por otro lado, la zona C_Alta_abajo mostró un aumento relativo en Firmicutes y Bacteroidota, lo cual puede estar asociado con las condiciones ambientales específicas de esta zona. Otros filos bacterianos, como Bacteroidota, Planctomycetota, Chloroflexi, Nitrospirota y Verrucomicrobiota, estuvieron presentes en menor abundancia, pero consistentemente distribuidos entre las zonas. Estas diferencias en la estructura taxonómica sugieren que los factores ambientales o condiciones propias de cada clase modulan la diversidad y composición de la comunidad microbiana.

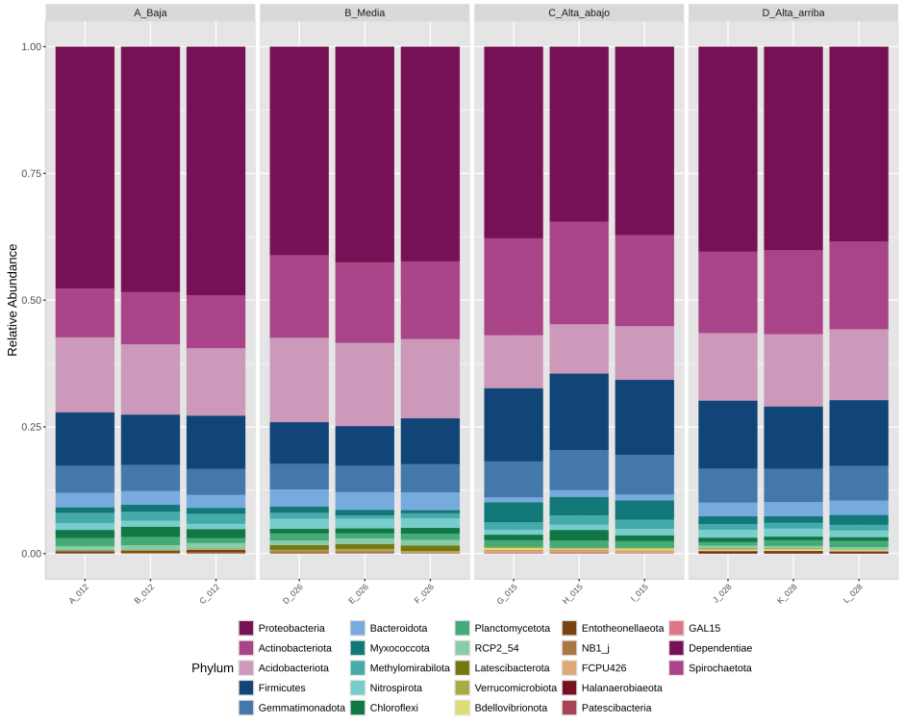


Figura 1. Abundancias relativas de los filos asociados a las diferentes zonas de producción de nopal verdura.

La mayor diversidad microbiana observada en la zona D_Alta_arriba podría estar relacionada con condiciones ambientales más favorables que promueven la coexistencia y el equilibrio entre múltiples grupos bacterianos. Esto coincide con estudios previos que han asociado una alta diversidad alfa con ecosistemas menos perturbados o con recursos más heterogéneos que permiten la coexistencia de una comunidad bacteriana compleja (Zhang y Xu 2008).

Por otro lado, la reducción significativa de la diversidad en la zona C_Alta_abajo puede reflejar un ambiente más selectivo o estresante que favorece a ciertos filos dominantes, como Firmicutes y Bacteroidota, posiblemente debido a condiciones de nutrientes limitados, pH, o estrés ambiental. Estos filos han sido reportados frecuentemente como indicadores de ambientes alterados o con menor estabilidad ecológica (Lee *et al*., 2021).

La predominancia de Proteobacteria en todas las clases, y especialmente en D_Alta_arriba, refuerza su papel central en procesos ecológicos clave como el ciclo del carbono y del nitrógeno, además de su capacidad metabólica versátil que les permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales. La variabilidad en la abundancia relativa de otros filos sugiere que la comunidad bacteriana responde dinámicamente a las condiciones específicas de cada clase, modulando la estructura funcional y la resiliencia del ecosistema (Zhang *et al*., 2022).

Estos resultados destacan la importancia de considerar tanto la diversidad alfa como la composición taxonómica para entender la dinámica microbiana en distintos ambientes. La integración de estas métricas permite identificar cambios ecológicos que podrían pasar desapercibidos si se considera únicamente un aspecto aislado.

Conclusiones

La variación observada en la diversidad y composición bacteriana entre las clases subraya la influencia de factores ambientales sobre la estructura de las comunidades microbianas, aportando información valiosa para futuras investigaciones sobre la ecología microbiana y la gestión de ecosistemas.

Referencias

Gómez-Godínez, L. J., Martínez-Romero, E., Banuelos, J., & Arteaga-Garibay, R. I. (2021). Tools and challenges to exploit microbial communities in agriculture. Current research in microbial sciences, 2, 100062.

Lee, S. M., Kong, H. G., Song, G. C., & Ryu, C. M. (2021). Disruption of Firmicutes and Actinobacteria abundance in tomato rhizosphere causes the incidence of bacterial wilt disease. The ISME journal, 15(1), 330-347.

Terrazas, R., & Surazi, A. (2019). El sistema de cultivo nopal verdura: caracterización, funcionamiento y problemática en Cuautlancingo, Otumba, Estado de México (Master's thesis).

Zhang, H., Ullah, F., Ahmad, R., Shah, S. A., Khan, A., & Adnan, M. (2022). Response of soil proteobacteria to biochar amendment in sustainable agriculture-a mini review. J. Soil Plant Environ, 1, 16-30.

Zhang, L., & Xu, Z. (2008). Assessing bacterial diversity in soil: a brief review. Journal of soils and sediments, 8, 379-388.

CARACTERIZACIÓN DE SUSPENCIONES CELULARES DE PIÑÓN MEXICANO POR SU TOLERANCIA AL METIL JASMONATO

Leobardo Iracheta-Donjuan[1]*, Alejandra Gómez-Daza[2], Biaani Beeu Martínez-Valencia[1], Guillermo López-Guillen[1]

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa (CERI), Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870. Tuxtla Chico, Chiapas. [2]Universidad Autónoma de Chiapas; Instituto de Biociencias; Blvd. Príncipe Akishino S/N, Solidaridad 2000, 30798 Tapachula, Chiapas, México.
*Autor para correspondencia: iracheta.leobardo@inifap.gob.mx

Palabra clave: Ácido jasmónico, elicitor, *Jatropha curcas*, organogénesis.

Introducción

En piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.), se ha reportado la producción de metabolitos secundarios que varían en tipo y concentración en función del tejido u órgano de la planta. La producción de estos metabolitos son mecanismos de adaptación y evolución como respuesta de defensa a factores ambientales que inducen estrés (Gallardo *et al*., 2019). En la corteza de tallos y semillas de *J. curcas* se consigna la presencia de triterpenos como lupeol, amirina y fitoesteroles, los cuales tiene amplia aplicación en la industria farmacéutica (Falodun *et al*., 2011). Los cultivos en suspensión de *J. curcas* es una opción para la producción de metabolitos secundarios, y la producción de éstos podría ser potenciado mediante procedimientos de estimulación. El metil jasmonato, corresponde a una hormona vegetal que regula una amplia gama de procesos fisiológicos; su presencia en los tejidos vegetales induce la síntesis de factores de trascripción que, a través de la regulación de la expresión de genes biosintéticos, inicia el metabolismo secundario de las plantas (Zhao *et al*., 2005). En suspensiones celulares de un solo genotipo de *J. curcas* se ha reportado el uso del 200 □M de ácido jasmónico como elicitor, el cual corresponde a un derivado del metil jasmonato, donde fue posible la producción diferencial de triterpenos y respuestas al estrés oxidativo mediante la mejora en la actividad de la enzima antioxidante, sin afectar la acumulación y viabilidad de la biomasa (Zaragoza *et al*. 2016). Sin embargo, dicha respuesta varía en función del tipo de elicitor y del genotipo empleado. Por tal motivo, como fase previa, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar el grado de tolerancia de tres líneas de callos organogénicos de *J. curcas* en suspensión, al elicitor metil jasmonato mediante la determinación de la dosis de oxidación media y acumulación de biomasa.

Materiales y métodos

El material biológico consistió en las líneas celulares de callos en suspensión de tres variedades de *J. curcas* (I.14 Doña Aurelia, II.14 Gran Victoria y III.14 Don Rafael). Los cuales se crecieron previamente durante siete días en medio de cultivo líquido. El medio de cultivo utilizado fue el JL, constituido por sales y complementos orgánicos de MS 1962, adicionado con 3.48 □M de kinetina, 4.92 □M de ácido indolbutírico, 30 g L^{-1} de sacarosa y pH 5.7, de acuerdo con Iracheta *et al*. (2015). Después de los siete días, por cada variedad se evaluaron cinco concentraciones de metil jasmonato (MeJa: 0, 25 □M, 50 □M, 200 □M, 400 □M). En este caso, la unidad experimental correspondió a 0.3 g de callo organogénico en suspensión, colocado en 10 mL de medio JL en matraces de 50 mL previamente autoclavados, a los que una vez que estuvieron a temperatura ambiente, se les agregó la concentración de MeJa esterilizada por filtración. La unidad experimental fue igual a una repetición, por lo que se contó con ocho repeticiones para la variedad I.14 y seis para la II.14 y III.14. Los tratamientos por cada variedad se colocaron por 26 días en condiciones de incubación a 24 ±1°C con fotoperiodo de 12 h, de acuerdo a un diseño completamente al azar, en un agitador orbital a 110 rpm. Las variables respuesta consistieron en el porcentaje de oxidación evaluado en función al grado de oscurecimiento de los agregados celulares, turbidez del medio de cultivo y la acumulación de biomasa fresca. Se aplicó un análisis mediante el modelo lineal generalizado (GLM), cálculo de la dosis de oxidación media (DO_{50}) mediante un ajuste de regresión Probit y cálculo de la dosis de reducción de peso fresco con respecto al testigo (RP_{50t}), a través de regresión con ajuste $Log_{10}(x)$; así como comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el paquete estadístico SAS v. 9.3.

Resultados y discusión

Las suspensiones de callos organogénicos de la variedad III.14 resultaron ser altamente sensibles al MeJa, incluso a las concentraciones más bajas, por lo que presentaron 100 % de oxidación, que en este caso correspondió a necrosis de los tejidos, y, por tanto, presentaron nula actividad en cuanto a la acumulación de biomasa o turbidez del medio por tratarse de tejido muerto. Por lo que los resultados mostrados solo corresponden a las variedades I.14 y II.14. En estas dos variedades, la adición del MeJa a los medios líquidos propició diferencias significativas en las variables oxidación, turbidez y biomasa fresca. Por lo que al incrementarse la concentración de MeJa, la oxidación se incrementó y la biomasa disminuyó gradualmente (Cuadro 1). Las concentraciones de 25, 50 y 200 □M propiciaron nula turbidez en las accesiones I.14 y II.14. Sin embargo, en ambas accesiones la mayor concentración de 400 □M si presentó cierto grado de turbidez. Las muestras analizadas en microscopio permitieron comprobar que dicha turbidez no estuvo asociada a contaminación bacteriana. En ambas variedades, la presencia de turbidez en los tratamientos sin MeJa, se debió a una mayor actividad de división celular y a la formación de novo de nuevos agregados celulares; por lo que entre mayor fue la capacidad de acumular biomasa, mayor fue la turbidez del medio. Sin embargo, en las concentraciones de 25, 50 y 200 □M, la nueva formación de biomasa ocurrió en la superficie de los agregados celulares ya existentes. En el caso, de los tratamientos con 400 □M de MeJa, el grado de turbidez fue menor que en los testigos (Cuadro 1), y se debió a la disgregación y desnaturalización de los callos originales, más que al crecimiento de nuevos agregados. En cuanto a la acumulación de biomasa, con respecto al testigo, el I.14 fue menos afectado. Mientras que el II.14 fue el más afectado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de oxidación, turbidez del medio líquido y acumulación de biomasa fresca en callos organogénicos de las variedades I.14 y II.14 de *J. curcas*, sometidos durante 26 d a diferentes concentraciones de metil jasmonato (MeJa).

Tratamiento	I.14			II.14		
	Oxidación (%)	Turbidez (%)	Biomasa (g)	Oxidación (%)	Turbidez (%)	Biomasa (g)
1. MeJa 0 µM	10.83 c†	50.00 a	0.787 a	3.75 c	100.00 a	1.431 a
2. MeJa 25 µM	30.83 bc	0 b	0.429 b	19.25 bc	0 b	0.540 b
3. MeJa 50 µM	51.67 ab	0 b	0.358 b	46.25 ab	0 b	0.402 b
4. MeJa 200 µM	80.83 a	0 b	0.307 b	79.75 a	0 b	0.387 b
5. MeJa 400 µM	75.00 a	16.67 ab	0.265 b	79.75 a	25.00 b	0.352 b
C.V. ††	9.96	11.99	20.12	8.12	8.39	21.14
P	0.0001	0.03	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001

†Medias con letras diferentes por columna son estadísticamente diferentes (Tukey P≤0.05). ††C.V.= Coeficiente de variación. C.V. y grupo estadístico está en función de la transformación de los datos de oxidación y turbidez con $\sqrt{x+1}$.

Al llevar a cabo los análisis de regresión Probit y ajuste logarítmico, para el porcentaje de oxidación y biomasa fresca, respectivamente; los resultados indican que, para la oxidación, ambas variedades presentaron una tolerancia moderada, toda vez, que ambas mostraron una DO_{50} similar, de 41 y 46 □M de MeJa para la variedad I.14 y II.14, respectivamente (Figura 1 A y C). Lo anterior indica que ambas líneas celulares requieren de dichas dosis para alcanzar un 50 % de oxidación de los agregados celulares. Sin embargo, en el caso de la acumulación de biomasa fresca, se observaron diferencias importantes entre ambas variedades, dado que la variedad I.14 fue relativamente más tolerante, al reducir a la mitad la acumulación del peso fresco, con respecto al testigo (RP_{50t}), en concentraciones de 60 □M de MeJa (Figura 1B); mientras que la variedad II.14 presentó dicha RP_{50t} en tan solo 24 □M (Figura 1D). Lo anterior implica que el nivel de tolerancia de ambas variedades está en función del tipo de variable evaluada. De tal forma que dosis de MeJa que provocan el 50 % de oxidación, no impiden que la acumulación de biomasa fresca continúe en la variedad I.14. No obstante, en el caso de la variedad II.14, la dosis de MeJa que provoca el 50 % de oxidación, corresponden al doble de las dosis donde la acumulación de la biomasa fresca se reduce a la mitad. Es decir, la acumulación de biomasa fresca es una característica afectada significativamente en la variedad II.14 por el MeJa.

Conclusiones

Las diferencias genéticas asociadas a la variedad de *J. curcas,* propiciaron niveles de tolerancia distintos, lo que dependió a su vez de la variable. Las variedades I.14 y II.14, presentaron dosis de oxidación media similares, pero solo el I.14 fue la variedad más tolerante en cuanto a la acumulación de biomasa. La variedad III.14 fue la más sensible, pues incluso en concentraciones bajas de MeJa se presentó 100 % de necrosis. Lo anterior demuestra que es necesario tomar en cuenta el nivel de tolerancia al MeJa en futuros trabajos de investigación sobre producción de metabolitos secundarios.

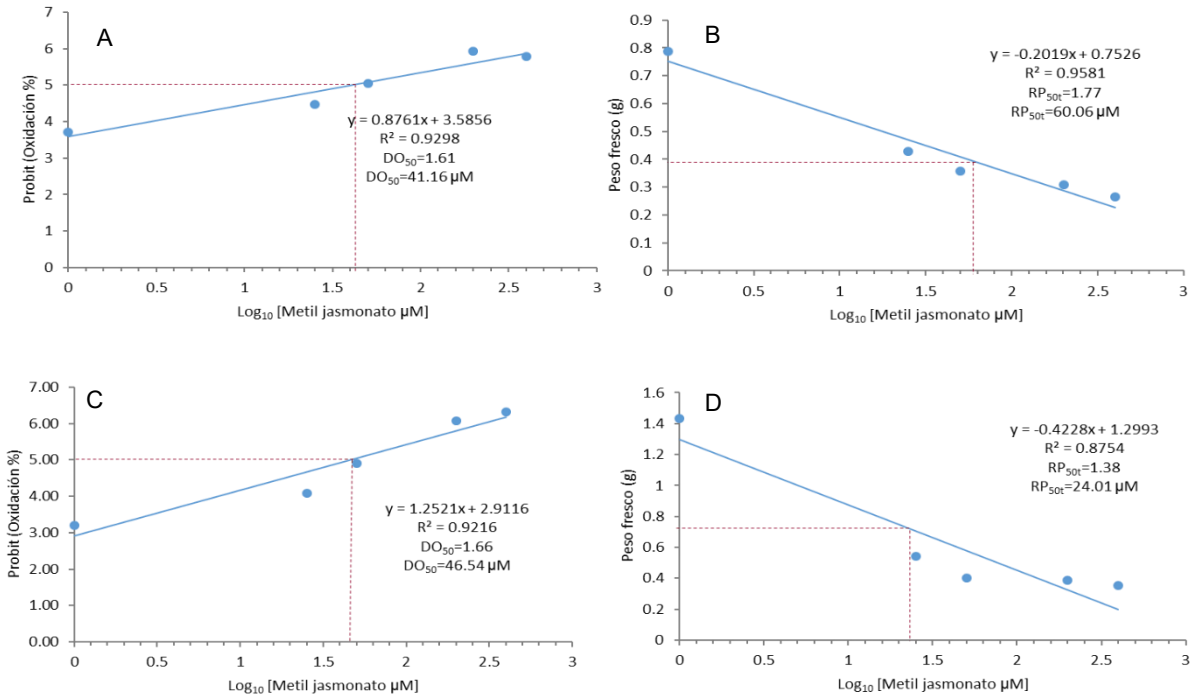


Figura 1. Dosis de oxidación media (DO_{50}) y dosis para la reducción de peso fresco a la mitad con respecto al testigo (RP_{50t}), para la variedad I.14 (A y B) y la variedad II.14 (C y D). Variable de oxidación con ajuste de regresión tipo Probit y variable de peso fresco con ajuste de regresión Log10 (X). Datos a los 26 dds.

Agradecimiento

El presente estudio forma parte de las actividades del "Banco de líneas celulares de piñón mexicano", a través del proyecto de apoyo a la investigación SIGI: 111577650.

Referencias bibliográficas

Falodun A.; Z.A.M. Nworgu; E. Osayemwenre. 2011. Smooth muscle relaxant evaluation of Jatropha curcas Linn (Euphorbiaceae) and isolation of triterpenes. Niger J Physiol Sci 26:133–137.

Gallardo V.,G.J.; J.E. Chávez F.; M. Contreras T. 2019. Evaluación del efecto antibacteriano del látex de Jatropha curcas "piñón" frente a Staphylococcus aureus. Duazary16:105-114.

Iracheta D., L.; V.H. Díaz F.; J.A. Basulto G.; A. González J.; H.R. Rico P.; P. López G. 2015. Propagación in vitro de piñón mexicano (Jatropha curcas L.). Folleto Técnico No. 33. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa, México. 38 p.

Zaragoza M., F.; G.G. Lucho C.; T. Ponce N.; F. Esparza G.; H. Poggi V.; C.M. Cerda G.R.; G. Trejo T.; A.C. Ramos V. 2016. Jasmonic acid stimulates the oxidative responses and triterpene production in Jatropha curcas cell suspension cultures through mevalonate as biosynthetic precursor. Plant Cell Tiss Organ Cult. DOI 10.1007/s11240-016-1028-z

Zhao J.; Davis L.C.; R. Verpoorte. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. Biotechnol Adv 23:283–333. doi:10.1016/j.biotechadv.01.003

CARACTERIZACIÓN DE PECTINA DE CÁSCARA DE PITAHAYA (*Hylocereus* sp.)

Victoria Carpio-Rivas[1], Rosendo Balois-Morales[1,2], Verónica Alhelí Ochoa-Jiménez[3,4], Juan Esteban Bello-Lara[2,4], Julio César Tafolla-Arellano[5], Guillermo Berumen-Varela[1,3]*

[1]Programa de Doctorado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela, Km. 9. 63780, Xalisco, Nayarit, México. [2]Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carreterera Tepic-Compostela, 63780, Xalisco, Nayarit, México. [3]Unidad de Tecnología de Alimentos-Secretaría de Investigación y Posgrado. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura SN. 63000, Tepic, Nayarit, México. [4]Estancias Posdoctorales-Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Coordinación de Apoyos a Becarios e Investigadores, Dirección de Posgrado, 03940, Ciudad de México, México. [5]Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
*Autor para correspondenciaguillermo.berumen@uan.edu.mx

Palabras clave: Pectina, cáscara de pitahaya, economía circular, actividad antioxidante, caracterización.

Introducción

La pectina es un heteropolisacárido natural de alto peso molecular compuesto por cadenas de ácido D-galacturónico unidos por enlaces α-1,4, el cual está presente en la lámina media de la pared celular de las plantas. Las pectinas se clasifican por su grado de esterificación (GE), el cual indica la cantidad de unidades de ácido galacturónico esterificadas con metilo, y es usado para clasificar a las pectinas como de bajo metoxilo (PBM) con GE ≤50 % y alto metoxilo (PAM) con GE >50 %.

Actualmente, investigaciones se han enfocado en la extracción de pectina a partir de subproductos de origen vegetal, lo cual contribuye a su valorización y ofrece una vía sostenible, alineándose con los principios de economía circular, en la cual se promueve la reutilización y reducción de residuos durante el mayor tiempo posible. Uno de los subproductos utilizados para la extracción de pectina es la cáscara de frutos como maracuyá, kiwi, melón, sandía, plátano, granada, calabaza, papaya, entre otros.

El fruto de pitahaya (*Hylocereus* sp.) está compuesto por aproximadamente un 30% cáscara y 70% pulpa. Diversas investigaciones han reportado que el fruto de pitahaya contiene polifenoles, flavonoides y betacianinas, compuestos que influyen positivamente en la salud humana. Sin embargo, la cáscara del fruto se descarta durante el consumo en fresco, lo que ocasiona contaminación ambiental y desperdicio de los recursos. En ese sentido, la caracterización de pectina de cáscara de pitahaya permite identificar potenciales aplicaciones en la industria de los alimentos, para así generar un valor agregado al subproducto y apoyar al desarrollo de la región. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar las propiedades fisicoquímicas y funcionales de pectina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus* sp.).

Material y métodos

Material Vegetal. Se cosecharon frutos de pitahaya de acuerdo al color (70% rojo, 30% verde) del Rancho las Pitahayas de Lupe Piña en el municipio de Compostela, Nayarit.

Extracción de pectina. Se empleó el método reportado por Zegada (2015) con algunas modificaciones. La pectina obtenida se pulverizó y guardó en un lugar seco a temperatura ambiente hasta su uso.

Análisis de la estructura química mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). Se identificaron los grupos funcionales de la pectina usando como referencia pectina comercial de cáscara de cítricos (Sigma Aldrich) mediante FTIR Agilent Cary 630.

Caracterización de pectina de pitahaya. Se calculó el rendimiento, grado de esterificación (GE), peso equivalente (PE), contenido de metoxilo (MeO), contenido de ácido anhidrogalacturónico (AAU), utilizando una pectina de cáscara de cítricos comercial (Sigma Aldrich) como referencia.

Rendimiento. El rendimiento de pectina se calculó relacionando el peso de la pectina seca obtenida con el peso del polvo seco de cáscara de la pitahaya.

Grado de esterificación (GE). A partir de las bandas de los grupos carboxilo esterificados y sin esterificar se determinó el grado de esterificación de la pectina extraída.

Peso Equivalente (PE) y Contenido de Metoxilo (MeO). Se realizaron siguiendo el método de Ranganna *et al*., (1986) con algunas modificaciones.

Contenido de Ácido anhidrourónico (AAU). Se determinó utilizando las determinaciones de PE y MeO.

Diseño Experimental y análisis estadístico. Se realizó una prueba de t ($p<0.05$) para comparar la media de las variables de respuesta entre la pectina de pitahaya y la pectina comercial de cítricos (Sigma Aldrich). Los análisis estadísticos y las gráficas se realizaron mediante el lenguaje R usando las paqueterías agricolae y ggplot2.

Resultados y discusión

Análisis de la estructura química mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR). Las muestras secas de pectina extraída de cáscara de pitahaya mostraron bandas de absorción entre el rango de 900–1900 cm^{-1}, las cuales están relacionadas con la presencia de ácido poligalacturónico, así como entre los 1800-1500 cm^{-1} que corresponden al doble enlace C=O, asociado con los ácidos carboxílicos y ésteres carboxílicos.

La región de la huella dactilar típica de pectinas está representada por bandas de absorción dentro del rango de longitud de onda de 1300-800 cm^{-1}.

Caracterización de la Pectina.

Rendimiento. El rendimiento de pectina de cáscara de pitahaya fue de 12.8%, valor superior al reportado para cáscaras de frutos como piña (2.12%), manzana (5.25%), granada, (10.95%), plátano (11.33%) y otras variedades de pitahaya (10%).

Grado de esterificación (GE). La pectina de cáscara de pitahaya presentó un GE de 49.85%, clasificándola como de bajo metoxilo. Investigaciones han reportado valores de GE menor al 29% en pectinas extraídas a partir de cáscaras de frutos de pitahaya *Hylocereus Polyrhizus.*

De acuerdo a la literatura las propiedades gelificantes, están principalmente determinadas por este parámetro. En ese sentido, la pectina extraída gelificará en un amplio rango de pH, con o sin la adición de azúcar y con la presencia de iones de calcio.

Peso Equivalente (PE). El PE de la pectina extraída fue de 274.01 mg, este valor es menor al reportado por otras investigaciones (305.75 a 446.41 mg) en pectina extraída de cáscaras de pitahaya. Sin embargo, autores mencionan que un PE en el rango de 250 a 350 mg formará un gel en presencia de iones de calcio o magnesio, independientemente de la presencia de azúcar, lo cual es conveniente tanto en procesos en los que se elaboran productos azucarados como en los dietéticos.

Contenido de Metoxilo (MeO). El contenido de metoxilo de la pectina de cáscara de pitahaya fue de 5.99%. Este valor es superior al reportado por otras investigaciones (2.98% y 4.34%) en pectina extraída de cáscara de pitahaya *(Hylocereus polyrhizus)* bajo el mismo método.

La pectina de cáscara de pitahaya se clasificó como de bajo metoxilo y concuerda con la clasificación por GE. Autores mencionan que la concentración de metoxilo es un determinante crucial del tiempo de fraguado de la pectina, la capacidad de combinarse con iones metálicos, la capacidad de solubilizarse en agua y formar geles.

Contenido de Ácido anhidrourónico (AAU). El contenido de AAU de la pectina de cáscara de pitahaya fue de 98.27%. Por tanto, los resultados sugieren que la pectina de pitahaya, podrá formar geles y emulsiones estables.

Conclusiones

La pectina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus* sp.) se clasificó como de alta pureza (AAU= 98.27 %) y bajo metoxilo (DE= 49.85 %).

Fuente financiadora

Esta investigación fue financiada por el proyecto titulado “Cambios en los atributos de calidad de frutos de pitahaya durante almacenamiento poscosecha” proyecto realizado con recursos provenientes del Impuesto Especial destinado a la UAN 2023, y por el proyecto de Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera Modalidad Paradigmas y Controversias de la Ciencia (319996): “Análisis integral de datos transcriptómicos y metabolómicos asociados a la calidad de los frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) durante almacenamiento poscosecha”.

Agradecimientos

Se agradece al Programa de Doctorado del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit. El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada (350640).

Referencias bibliográficas

Benzie IFF, Strain JJ. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. Anal. Biochem. 1996; 239:70-6.

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Sci. Technol. 1995;28:25-30.

Ranganna, S. Handbook of Analysis and Quality Control for Fruit and Vegetable Products. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited; 1986; 11-12.

Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 1999; 26:1231-7.

Sutor K, Wybraniec S. Identification and Determination of Betacyanins in Fruit Extracts of *Melocactus* Species. J. Agric. Food Chem. 2020; 68:11459-67.

Zegada Franco VY. Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (hmo). Investig. Desarro. 2015; 15:65-76.

ACLIMATACIÓN DE VITROPLÁNTULAS DE FRESA CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ÁCIDO SALICÍLICO EN CONDICIONES *in vitro*

Thaily Selin Velasco Matías[1]; Esmeralda Judith Cruz-Gutiérrez[2]*, Claudia Berenice Espitia Flores[2]; Juan Manuel Pichardo-González[2], Marco Antonio Ramírez-Mosqueda[2]; Humberto A. López Delgado[3]; Marcelina Torrez Vélez[4]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, [2]Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP; [3]Sitio Experimental Metepec, INIFAP; [4]Colegio de postgraduados.
*Autor para correspondencia: cruz.esmeralda@inifap.gob.mx

Palabras clave: Estrés, conservación, aclimatación.

Introducción

Existe un grupo de hormonas relacionadas con la regulación del crecimiento, desarrollo y las respuestas al estrés de las plantas. Una de esas hormonas es el ácido salicílico (AS) que al aplicarla exógenamente puede tener diferentes efectos, como resistencia sistémica adquirida (RSA), un mecanismo de defensa que confiere resistencia de amplio espectro contra patógenos. La aplicación exógena de AS en el cultivo *in vitro* puede inducir la expresión de genes relacionados con la patogenicidad (PRs) y otros compuestos defensivos, mejorando la resistencia de los explantes a infecciones por hongos, bacterias o virus, lo que es especialmente relevante en sistemas de micropropagación donde la contaminación es un problema, principalmente en la aclimatación de las vitroplantas. El ácido salicílico (AS), se encuentra naturalmente en los tejidos vegetales, y es una hormona que tiene el efecto para incrementar la producción hortícola y cereales (Davies, 2010; Martín *et al*., 2013). A bajas concentraciones de AS promueve el crecimiento de raíces adventicias, elongación radicular y la biomasa total de las plantas (Dzib-Ek *et al*., 2021). Por otro lado, el cultivo de la fresa (*Fragaria* spp.), es muy importante en el comercio agrícola, ya que se cultiva en diferentes climas, principalmente tropicales a templados lo que permita su producción, además que es una especie con alto grado de aceptación en el mercado y los consumidores. Una estrategia para su producción es a través de la técnica *in vitro*, la cual permita tener plántulas más vigorosas y libres de plagas y enfermedades, sin embargo, un punto muy importante es la aclimatación de estas vitroplántulas, donde al sacarlas del medio de cultivo y del tubo, son susceptibles a las enfermedades externas. Por lo que el *objetivo* de este trabajo fue el de aplicar diferentes concentraciones de AS a plántulas *in vitro* para aclimatarlas y tener un alto porcentaje de sobrevivencia.

Materiales y métodos

Material vegetal

Plantas *in vitro* de fresa (*Fragaria* spp) previamente establecidas a partir de meristemos apicales en el Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP.

Aplicación de ácido salicílico (AS)

Se realizaron tres tratamientos con diferentes concentraciones de AS y un testigo como se indica en el Cuadro 1. En los medios con los tratamientos se colocó por tubo un explante de 1 cm de longitud.

Cuadro 1. Tratamientos de AS en condiciones *in vitro* para aclimatación de las vitroplántulas.

Tratamiento	*Medio base*	*Concentración de AS*
Testigo (T0)	Medio MS (Murashige y Skoog, 1962) adicionado con 30 g L^{-1} de sacarosa, 8 gr de agar y un pH de 5.7.	0
T1		10^{-4} M
T2		10^{-5} M
T3		10^{-6} M

Pre-aclimatación

A los tres meses de establecimiento de los explantes en los tratamientos, se quedaron seis meses en el medio de cada tratamiento, esto con la finalidad de que las plántulas enraizaran. Posteriormente, se aclimataron.

Aclimatación

Después de los seis meses y con la presencia de raíz, fueron extraídas de los tubos y colocadas en charolas con sustrato, conformado por peat moss, humus de lombriz, perlita y vermiculita (3:1:1:1 v/v). El sustrato se colocó en charolas con tubetes con capacidad de 225 cm^3 las cuales se les colocaron domos de plástico. Se mantuvieron en sobra 50% a temperatura ambiente. Se regaron todos los días durante la aclimatación para mantener la humedad relativa alta. Los primeros cinco días se mantuvieron cubiertos con los domos, a los 10 días se retiraron los domos por dos horas durante la mañana, a los 15 días se retiraron los domos de las plántulas. Las variables a evaluar fueron la sobrevivencia, la oxidación del explante y oxidación de hojas.

Diseño experimental

El estudio se realizó utilizando un diseño experimental factorial de dos factores en completamente al azar con diez repeticiones. Un primer factor fue la concentración de AS (0 M, 10^{-4} M, 10^{-5} M y 10^{-6} M) y un segundo factor es el tiempo de medición de las variables (5, 10 y 15 días después de sacarlos de los tubos de in vitro).

Análisis estadístico de los datos

Los análisis estadísticos se hicieron con el programa estadístico SAS versión 9.3 (SAS Institute, 2002). Previo al análisis, los valores de la variable respuesta porcentaje de retención, la cual se expresó en porcentaje, se transformó con la función arco seno $\sqrt{X/100}$. Se realizó un análisis de varianza y se efectuaron pruebas de comparación de medias (Tukey, 0.05), analizadas con Diferencia mínima significativa (DMS).

Resultados

Se observa que el tratamiento dos (10^{-5} M de AS) tiene mayor porcentaje de sobrevivencia con 76.66% en comparación con el testigo y los otros tratamientos. También presentó oxidación de explantes y oxidación de hojas, sin embargo, las plántulas sobrevivieron al cambio de *in vitro* al exterior. El tratamiento tres es el que sigue con un alto porcentaje de sobrevivencia con un 63.33%. El que presentó menos porcentaje de sobrevivencia es el testigo con un 43.33%.

Cuadro 2. Comparación de medias de Tukey de las variables respuesta evaluadas en la aclimatación de fresa.

Combinación		Sobrevivencia (%)	Oxidación	Hojas oxidadas (No.)
Fecha	Tratamiento			
A los 5 días	Testigo	100.00 a	0.00 d	0.00 e
A los 5 días	Tratamiento 1	83.33 abc	0.00 d	0.00 e
A los 5 días	Tratamiento 2	93.33 ab	0.00 d	0.00 e
A los 5 días	Tratamiento 3	80.00 abc	0.00 d	0.00 e
A los 10 días	Testigo	100.00 a	0.93 a	5.40 bc
A los 10 días	Tratamiento 1	76.66 abc	0.96 a	6.26 b
A los 10 días	Tratamiento 2	93.33 ab	0.96 a	6.10 bc
A los 10 días	Tratamiento 3	80.00 abc	0.96 a	9.50 a
A los 15 días	Testigo	43.33 d	0.43 c	3.33 cd
A los 15 días	Tratamiento 1	53.33 dc	0.50 c	2.46 de
A los 15 días	Tratamiento 2	76.66 abc	0.76 ab	6.30 b
A los 15 días	Tratamiento 3	63.33 bcd	0.63 bc	6.73 ab
DMS		32.21	0.25	2.79

DMS= Diferencia mínima significativa. Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, P ≤ 0.05).

Discusión

El ácido salicílico es una fitohormona que forma parte los llamados compuestos fenólicos, se encuentra en toda la planta y actúa en la defensa de las plantas contra patógenos, en la respuesta al estrés abiótico y en la regulación del crecimiento y desarrollo de la planta. La aclimatación se trata de una etapa crítica donde se pierde un gran porcentaje de plántulas, por lo que la aplicación de AS puede ayudar para tener un efecto de anti estrés hídrico (Javalera-Rincón *et al*.,2014). El estrés hídrico genera deterioro en las plantas de fresa afecta la multiplicación y estabilidad estructural causando lisis celular como disminución de turgencia y baja tasa de multiplicación celular (Raimond, 2015). En este trabajo se observó que la aplicación de AS permitió un mayor porcentaje de sobreviviencia, aunque no fue el 100%, se observa que, si aportó a la aclimatación, disminuyendo el estrés hídrico.

Conclusiones

La aplicación de AS a plántulas de fresa in vitro, permite un mayor porcentaje de sobrevivencia en la etapa de aclimatación. La concentración adecuada de AS es la de 10^{-5} M.

Referencias bibliográficas

Davies, P. J. (Ed.). (2010). Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Springer. 3er Edición.

Martín, R.; Larqué-Saavedra, A.; Vergara-Yoisura, S.; Uicab-Quijano, V.; Villanueva-Couoh, E. 2015. Ácido salicílico estimula la floración en plantas micropropagadas de gloxínia. Rev. Fitotec. Mex. 38(2):115-118.

Dzib-Ek G., Villanueva-Couoh E., Garruña-Hernández R., Vergara S. y A. Larqué-Saavedra. 2021. Efecto del ácido salicílico en la germinación y crecimiento radicular del tomate

Javalera-Rincón, M. L., González-Fuentes, J. A., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Olivo, A., Lara-Reimers, E. A., & Morelos-Moreno, A. (2024). Efecto de Bioestimulantes en Producción y Calidad de Fresa (Fragaria ananassa cv. Albión) Bajo Estrés Hídrico. Terra Latinoamericana, 42, 1-12. e1937. https://doi.org/10.28940/terra.v42i.1937

Raimond, S. (2015). Efecto del ácido salicílico sobre el desarrollo de plantas de lechosa (*Carica papaya* L.) sometidas a estrés hídrico durante la fase de vivero. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central Venezuela. Disponible en http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/20889/1/Trabajo%20de%20Grado%20Sebastian%20Raimond.pdf

COMPARACIÓN DEL EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS Y COMERCIALES SOBRE *Agave cupreata* EN DISTINTAS EDADES EN VIVERO

Karen María Mandujano Vargas[1]*, María Guadalupe Soto Ochoa[1], Kenia Paola Castillo Santoyo[1]

[1]Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.
*Autor para correspondencia: 22940109@itstacambaro.edu.mx

Palabras clave: *Agave cupreata*, hongos micorrízicos arbusculares, nativos.

Introducción

De acuerdo con información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) desde el 2018 Michoacán ocupa tercer lugar a nivel nacional en la producción de agave, además, de la importante producción de litros de mezcal en el estado, por lo que, se ha aumentado el impulso en la producción y superficie de plantación (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2025).

El aumento en la superficie de plantación demanda mayor cantidad de plantas de agave, siendo el caso de *Agave cupreata* que deben ser producidas en vivero. La mejora de la producción plantas en vivero de cualquier especie, puede ser por medio de la Introducción de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), por su efecto como promotores de crecimiento y defensa ante patógenos (Hernández-Acosta *et al*., 2018; Alarcón, 2008), sin embargo, se ha determinado que las condiciones ambientales del área en donde serán establecidos determinan la capacidad de los HMA para colonizar las plantas (Hernández-Cuevas y García, 2008).

Por lo anterior, el presente estudio se realizó con el objetivo evaluar comparativamente el efecto de la inoculación con hongos micorrízicos arbusculares nativos y comerciales en el desarrollo de plántulas de *Agave cupreata* en condiciones de vivero en Tacámbaro Michoacán.

Materiales y métodos

El presente trabajo forma parte del experimento llevado a cabo en el vivero de la Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro Michoacán con plántulas de *Agave cupreata* bajo un diseño completamente al azar con tres tratamientos: (1) inoculación con HMA nativos, (2) inoculación con HMA comerciales (Glumix®), y (3) testigo, sin inoculación.

Las plantas de *Agave* fueron trasplantadas en bolsas de polietileno de un kilogramo con sustrato compuesto de peat moss y perlita en proporción 2:1.

El inóculo nativo se obtuvo de raíces y rizosfera de zarzamora variedad Tupi establecido en el Instituto, que de acuerdo con un estudio previo realizado por Cervantes (2019), éste mostró una colonización por hifas de 99% y por vesículas de 38 %. El inoculo se obtuvo de las raíces de las plantas de zarzamora y rizosfera. Las plantas de Agave se inocularon con 5 gramos de raíces de plantas de zarzamora y 200 gramos de rizosfera.

Mientras que el inóculo comercial correspondió al producto Glumix®, aplicado según las recomendaciones del fabricante de 3 gramos de producto por planta.

Después de un mes de inoculación, se registró la altura, el diámetro de la roseta y el número de hojas de las plantas en cada tratamiento, Los datos se analizaron con el software InfoStat, realizando pruebas de normalidad, ANOVA y comparación de medias con la prueba de Duncan (α=0.05). Dichos análisis se realizaron con datos de las plantas a los cinco y diez meses después de establecido el experimento.

Resultados y discusión

Para el periodo de cinco meses de aplicados los tratamientos, sólo se encontraron diferencias significativas para el diámetro (p=0.0002) y el número de hojas (p=0.0053). Siendo las plantas inoculadas con HMA nativos las que mayor diámetro y número de hojas desarrollaron (Figura 1 A y B).

En el análisis realizado a los diez meses después de aplicados lo tratamientos, no se encontraron diferencias estadísticas para ninguna de las variables evaluadas, sin embargo, se identifica que las plantas inoculas con HMA nativos mostraron menor desarrollo de las variables y en el caso de las plantas sin inocular, desarrollaron mayor diámetro y número de hojas (Figura 2 y 3).

Los resultados encontrados a los diez meses de aplicados los tratamientos difiere a lo reportado para la misma especie en plantas de siete meses de edad, en donde encontraron diferencias significativas entre

tratamientos para el número de hojas, siendo las plantas inoculadas con HMA nativos las que presentaron mayor número (Trinidad-Cruz *et al*., 2017).

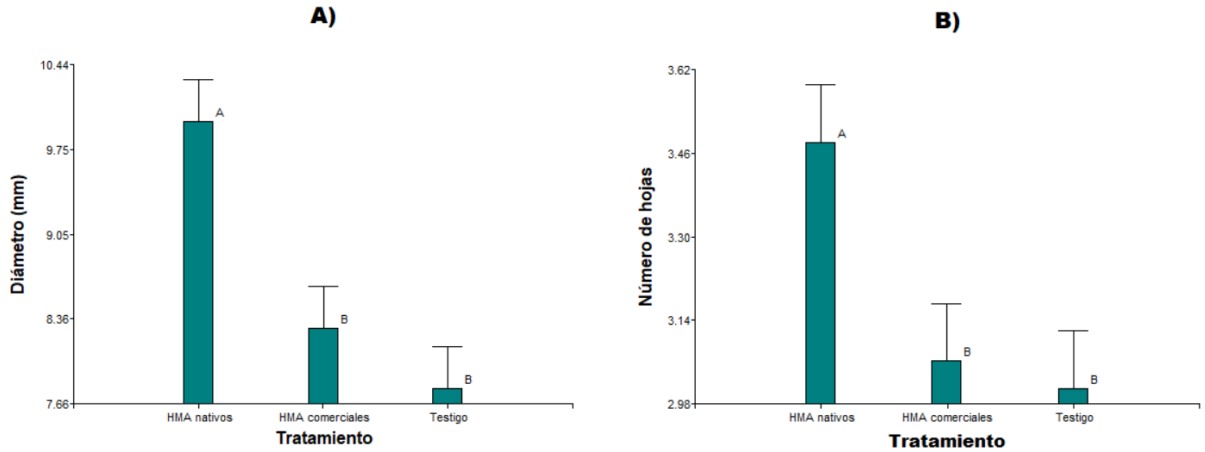


Figura 1. Diámetro A) y número de hojas B) de plantas de *Agave cupreata*. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas con prueba de Duncan, α=0.05.

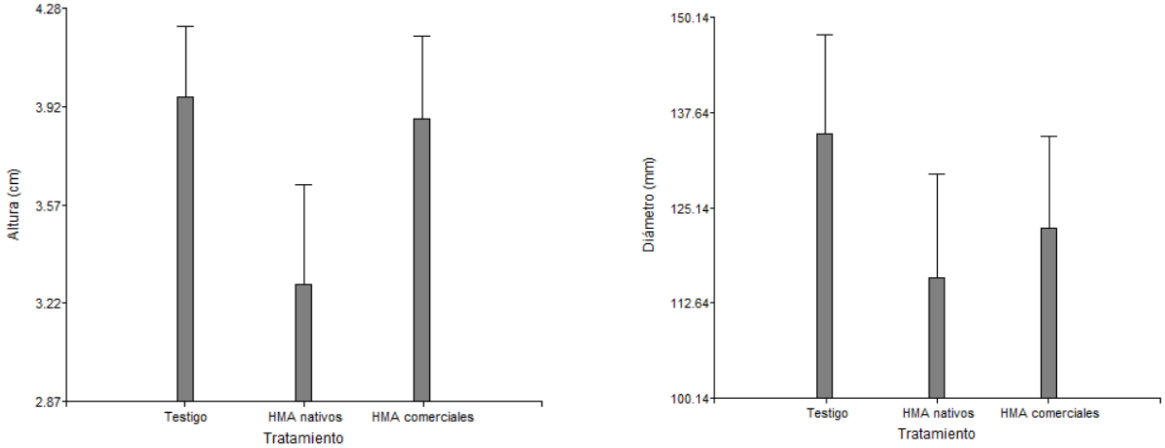


Figura 2. Altura y diámetro de plántulas de *Agave cupreata* con distintos tratamientos.

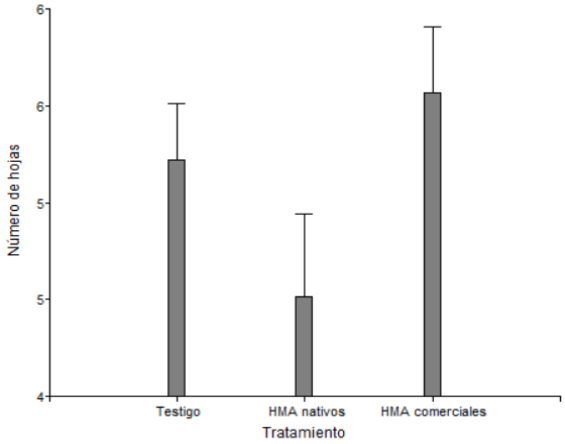


Figura 3. Número de hojas plántulas de *Agave cupreata* con distintos tratamientos.

Conclusiones

El efecto de HMA en *Agave cupreata* puede causar distintas respuestas durante el desarrollo de las plantas, por lo que, continuar con el estudio puede proporcionar información clara y completa sobre el efecto en todo el desarrollo de éstas y ser complementada con información de su respuesta en campo.

Referencias bibliográficas

Alarcón, A. (2008). Los hongos micorrízicos arbusculares como biotecnología en la propagación y manejo de plantas en viveros. Agro Productividad, 1(6).

Hernández-Acosta E., Trejo-Aguilar D., Ferrera-Cerrato R., Rivera-Fernández A. y González-Chávez M. C. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de café (Coffea arabica L.) variedades garnica, catimor, caturra y catuaí. Agro Productividad, 11(4).

Hernández-Cuevas L. V. y García Sánchez R. (2008). Propagación por esporas: el caso de las micorrizas arbusculares. Compilado en Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. pp 29-42.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Agricultura/Michoacán (consultada en 6 de junio 2025). Michoacán ocupa el tercer lugar a nivel nacional en producción de agave. https://www.gob.mx/agricultura/michoacan/articulos/michoacan-ocupa-el-tercer-lugar-a-nivel-nacional-en-produccion-de-agave?idiom=es

Trinidad-Cruz, J. R., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G., López-Pérez, L., y Hernández-Cuevas, L. V. (2017). Micorrización de Agave cupreata: biocontrol de Fusarium oxysporum y promoción del crecimiento vegetal. Revista mexicana de fitopatología, 35(2), 151-169.

EL CULTIVO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.) COMO FUENTE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Yolanda Nolasco González[1]*, Efigenia Montalvo González[2], Gabriela Aguilar Hernández[2], María de Lourdes García Magaña[2], Rosa Isela Ortiz Basurto[1], Martina Alejandra Chacón López[2], Gustavo Adolfo González Aguilar[3], Cristian Rodríguez Aguayo[4]

[1]CIRPAC CESIX, INIFAP, [2]TecNM-Instituto Tecnológico de Tepic, Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, [3]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, [4]The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Department of Experimental Therapeutics.
*Autor para correspondencia: nolasco.yolanda@inifap.gob.mx

Palabras clave: Compuestos fenólicos, alcaloides, acetogeninas.

Introducción

La *Annona muricata* L. es una planta tropical conocida principalmente por sus frutos, las guanábanas, que son muy apreciados por su pulpa de exquisito sabor, pero también se le está dando mayor importancia a por que ha mostrado poseer diversas actividades biológicas. En las últimas décadas ha sido estudiada por sus usos en la medicina tradicional para tratar padecimientos como el dolor, fiebre, enfermedades respiratorias y de la piel, como desparasitante, para la hipertensión, inflamación, diabetes y cáncer, entre otras. De la planta se ha mostrado que no solo el fruto es fuente de compuestos bioactivos, sino que diversas partes de la planta como las hojas, raíces, frutos, semillas, cáscara del fruto (Aguilar-Hernández, *et al*., 2020). Se han identificado una gran diversidad de compuestos aislados de esta planta, pero los más importantes son los compuestos fenólicos, los alcaloides y las acetogeninas a los cuales se les atribuyen diversas actividades como antimicrobiano, antiinflamatorio, antiprotozoario, antioxidante, insecticida, larvicida y citotóxico en células tumorales, ansiolítica, antiestrés, anticonceptiva, antitumoral, antiulcerosa, cicatrizante, hepatoprotectora, antiictérica e hipoglucémica, considerando así a la *Annona muricata* con un gran potencial terapéutico.

Actualmente en Nayarit, que es el estado con mayor establecimiento y producción nacional (77.5 y 81.4%, respectivamente) de este cultivo, solo se aprovechan los frutos que se comercializan en fresco y pulpa congelada. Por esta razón y con los antecedentes de los beneficios de los compuestos bioactivos en *A. muricata*, se busca dar a conocer los contenidos tanto en la pulpa del fruto y los extractos de hojas obtenidos con diferentes técnicas, mostrando que no solo el fruto es fuente de compuestos bioactivos, que pueden ser utilizados en la formulación de alimentos funcionales con beneficios a la salud.

Materiales y métodos

Se colectaron hojas y frutos maduros de *A. muricata* en Camichín de Jauja, Nayarit (21°28'3.69"N 104°48'9.7"W). Los frutos fueron lavados y despulpados manualmente. Luego la pulpa fue molida y homogenizada, manteniéndose en congelación (-18°C) para su posterior uso. Las hojas fueron lavadas, una porción de hojas se mantuvo en refrigeración y otras fueron secadas a 40°C por 36 h y molidas hasta obtener un polvo fino (55-177µm), que se guardó en condiciones de obscuridad a -20°C hasta su uso.

La obtención de los extractos de las hojas se realizó con tres métodos: Ultrasonido, infusión y decocción. El extracto con ultrasonido se obtuvo con 2.5 g de polvo de hojas secas en 100 mL de agua, aplicando ultrasonido por 4.5 min con una amplitud del 80% y 0.7 pulsos ciclos, utilizando un generador de ultrasonido (Hielscher, UP400S, Teltow, Alemania, intensidad de 400 W, frecuencia de 24 kHz y sonotrodo H22).

Para la infusión también se utilizó polvo de hojas secas (2.5 g/100 mL) envueltas en papel filtro al que se adicionó agua caliente (98°C) y reposo por 10 min. Para la decocción se utilizaron hojas frescas (5 g) en agua hirviendo (98°C) por 10 min. Los extractos fueron filtrados y enfriados para su análisis. A la pulpa y extractos se les determinó el contenido de compuestos bioactivos. Para el contenido de fenoles solubles totales (FST) se utilizó el método Montreau (1972) con el reactivo Folin-Ciocalteu y los resultados se calcularon equivalentes de ácido gálico (mg AGE/100 g). Los fenoles hidrolizables se determinaron en el residuo del extracto por medio de una hidrólisis ácida (H_2SO_4/metanol, 2:20 (v/v) a 85 °C por 20 h) con el método de Hartzfeld *et al*., 2002) y determinando los fenoles en mg AGE/100 g. Para los taninos condensados el residuo se trató con n-butanol/HCl/$FeCl_3$ (95:2.5:0.07, v/v/p) por 3 h a 100 °C y el sobrenadante se leyó a 555 nm, expresando mg de taninos condensados (mg/100 g) (Reed *et al*., 1982). Para los flavonoides totales los extractos se hicieron reaccionar con metanol y $AlCl_3$, midiendo a 415 nm la

absorbancia y expresando equivalentes de quercetina (mg/100 g) (Bonvehi y Coll, 1994). Los alcaloides totales se extrajeron con metanol y HCl (1mL, 2N), lavando con cloroformo y ajustando la parte orgánica a pH neutro y reacción con solución de verde bromocresol y buffer fosfato (pH 4.7) con agitación y el complejo amarillo se extrajo con cloroformo, midiendo a 416 nm la absorbancia, y expresando los equivalentes de atropina (mg/100 g). El contenido de acetogeninas totales se extrajo con cloroformo en agitación (2 h) y el sobrenadante se hizo reaccionar con el reactivo de Kedde, midiendo la absorbancia a 505 nm y expresando los equivalentes de anonacina (Aguilar-Hernández *et al*., 2020). La capacidad antioxidante en las muestras se determino con tres métodos: DPPH. ABTS y FRAP como son descritos por Nolasco-González *et al*. (2023) y se expresaron como equivalentes deTrolox (mM ET/100 g). Se utilizó un diseño completamente al azar con un solo factor. Los datos fueron analizados con un análisis ANOVA unifactorial con prueba de medias (Fisher-LSD, α= 0.05) de los contenidos de compuestos bioactivos.

Resultados y discusión

En el contenido de fenoles solubles totales (FST) en el extracto obtenido con ultrasonido tuvo mayor contenido seguido por la infusión y luego por la pulpa (Cuadro 1). El ultrasonido es una tecnología que a través del fenómeno de cavitación generado por las ondas ultrasónicas causa rompimientos en las estructuras vegetales provocando mayor extracción de compuestos presentes. En la infusión en tamaño de partícula de la materia vegetal y el calor del agua como solvente de extracción ayuda extraer compuestos; mientras que en la decocción en hojas frescas dificulta la extracción, aun cuando la aplicación de calor es constante, pero puede inactivar algunos compuestos termolábiles extraídos y disminuir su contenido (Nolasco-González *et al*., 2022). Por otro lado, la pulpa tiene buen contenido de FST sin aplicación de métodos de extracción. En cuanto a los fenoles hidrolizables y los taninos condensados que no se encuentran disponibles como los solubles, la pulpa tuvo mayor contenido que las hojas y esto se debe a que estos compuestos se encuentran principalmente en estructuras vacuolares de la pulpa ligados a azúcares y en células parenquimáticas de la pared celular, respectivamente. Los flavonoides que son parte de los polifenoles, tuvieron mayor contenido en la pulpa que en las hojas. Esto muestra que tanto el consumo de pulpa, así como de extractos de hojas son fuente de compuestos fenólicos, cuya principal actividad biológica considerada es la de antioxidantes.

Cuadro 1. Contenido de compuestos bioactivos de la *Annona muricata* en la pulpa y extractos en hojas por ultrasonido, infusión y decocción.

Respuesta	Pulpa (mg/100 g)	Extracto de hojas (EAU) (mg/100 g)	Infusión (polvo hojas secas) (mg/100 g)	Decocción (Hojas frescas) (mg/100 g)
Fenoles solubles totales	48.77 ± 0.94^{b}	81.65 ± 1.78^{a}	68.15 ± 0.84^{c}	25.66 ± 3.69^{c}
Taninos condensados	113.04 ± 2.31^{a}	3.78 ± 0.34^{b}	1.20 ± 0.10^{c}	nd
Fenoles Hidrolizables	177.21 ± 0.83^{a}	16.76 ± 1.09^{b}	5.75 ± 0.54^{c}	nd
Flavonoides totales	10.23 ± 0.95^{a}	6.66 ± 0.10^{b}	4.32 ± 0.11^{c}	4.02 ± 0.10^{d}
Alcaloides totales	14.41 ± 0.44^{a}	7.00 ± 0.38^{b}	6.62 ± 0.28^{c}	nd
Acetogeninas totales	70.23 ± 0.49	nd	nd	nd

Los valores representan la media ± desviación estándar de tres determinaciones y tres réplicas (n = 9). Una letra diferente por fila indica diferencias significativas entre tratamientos (α = 0,05). nd = no detectado.

El contenido de alcaloides fue mayor en la pulpa, seguido por el extracto de hojas con US y la infusión. Estos resultados difieren de otros estudios que mencionan de las hojas tienen mayor contenido de alcaloides que la pulpa, lo que se atribuye a método de extracción y análisis; sin embargo, si hay presencia de estos compuestos. En cuanto a las acetogeninas la pulpa fue la única muestra donde se pudieron cuantificar, en los extractos no fueron detectados, pero no indica que no haya presencia de estos compuestos, lo que requiere de métodos analíticos más sensibles, ya que en otros estudios se ha reportado la presencia de acetogeninas en las hojas. La importancia de las acetogeninas radica en que son compuestos exclusivos de las anonáceas como la *A. muricata* que han mostrado citotoxicidad selectiva contra células cancerígenas, actividad antimicrobiana y antiparasitaria (Coria Téllez *et al*., 2018).

Los resultados de capacidad antioxidante (CAOX) coinciden con el comportamiento del contenido de compuestos fenólicos (Figura 1), mostrando la afinidad de los diferentes métodos de determinación de

CAOX con el tipo de compuestos fenólicos presentes. Con el método DPPH la CAOX mostró diferencias significativas y fue mayor en el extracto obtenido con US, seguido por la infusión y luego la pulpa indicando en mayor presencia de compuestos fenólicos más polares que tienen alta capacidad reductora como los flavonoides, ácidos fenólicos con grupos OH muy reactivos; mientras que la CAOX con el método FRAP tanto la pulpa como el extracto con US no tuvieron diferencias indicando la presencia similar de flavonoides y taninos con capacidad quelante, es decir capacidad antioxidante para reducir iones metálicos (Rumpf *et al*., 2023). Estos resultados con los tres métodos para medir CAOX proporciona una idea mas completa de la CAOX en las muestras.

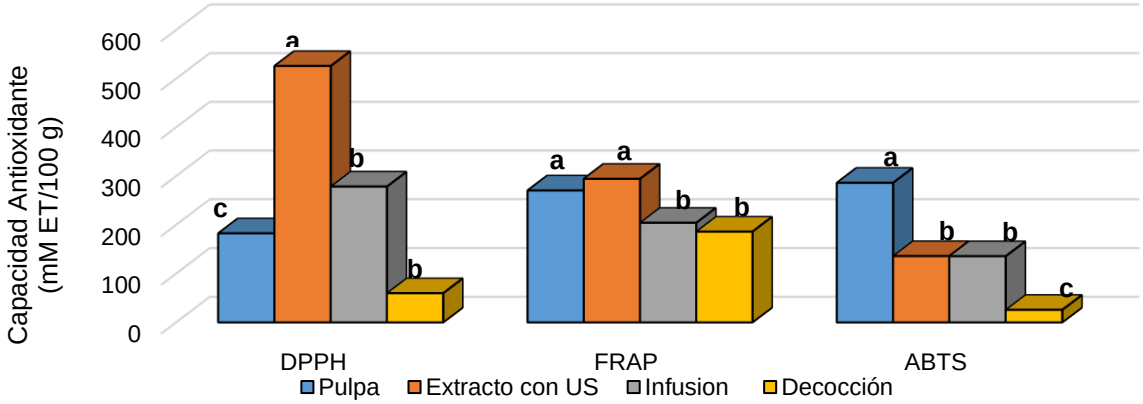


Figura 1. Capacidad antioxidante de la *Annona muricata* en la pulpa y extractos en hojas por ultrasonido, infusión y decocción.

Conclusiones

De la *A. muricata* las partes más accesibles son el fruto y las hojas como fuente de compuestos bioactivos. La pulpa del fruto proporciona mayor contenido de alcaloides y acetogeninas, pero en las hojas pueden obtener mayor contenido de fenoles solubles totales y capacidad antioxidante utilizando la tecnología de ultrasonido. Pero también es posible obtener compuestos fenólicos aplicando métodos simples como la infusión y decocción, que son utilizados comúnmente en la medicina tradicional, Estos resultados permiten considerar a la pulpa y los extractos de hojas para la formulación de productos alimenticios con potencial funcional por el contenido de compuestos fenólicos, alcaloides y sobre todo las acetogeninas.

Referencias bibliográficas

Aguilar-Hernández, G., Zepeda-Vallejo, L. G., García-Magaña, M. D. L., Vivar-Vera, M. D. L. Á., Pérez-Larios, A., Girón-Pérez, M. I., & Montalvo-González, E. (2020). Extraction of alkaloids using ultrasound from pulp and by-products of soursop fruit (Annona muricata L.). *Applied Sciences*, *10*(14), 4869.

Coria-Téllez, A. V., Montalvo-Gónzalez, E., Yahia, E. M., & Obledo-Vázquez, E. N. (2018). Annona muricata: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. *Arabian Journal of chemistry*, *11*(5), 662-691.

Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, *233*, 123470.

Nolasco-González, Y., Chacón-López, M. A., Ortiz-Basurto, R. I., Aguilera-Aguirre, S., González-Aguilar, G. A., Rodríguez-Aguayo, C., & Montalvo-González, E. (2022). Annona muricata leaves as a source of bioactive compounds: Extraction and quantification using ultrasound. *Horticulturae*, *8*(7), 560.

Nolasco-González, Y., García-Magaña, M. D. L., León-Fernández, A. E., Monribot-Villanueva, J. L., Guerrero-Analco, J. A., & Montalvo-González, E. (2023). Formulation and phytochemical analysis of a potentially functional beverage from combining a leaf extract and pulp of *Annona muricata* (Annonaceae). *Acta botánica mexicana*, (130).

EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS SOBRE EL DESARROLLO DE *Agave cupreata* EN VIVERO

Mariana Sotelo-Avila[1]*, María Guadalupe Soto Ochoa[1]

[1]Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable.
*Autor para correspondencia: 22940112@itstacambaro.edu.mx

Palabras clave: Hongo micorrízicos arbusculares nativos, *Agave cupreata*, plántulas.

Introducción

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2025), Michoacán ocupó el tercer lugar a nivel nacional en producción de agave con 348, 836 toneladas a final del 2024, mostrando la importancia del cultivo en el estado, dentro de las especies que destacan es el *Agave cupreata* el cual es propagado por semilla y comercializadas las plantas para el establecimiento de los cultivos.

La producción de planta de *Agave cupreata* y otras especies en vivero, puede ser mejorada con la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estudios han demostrado que la inoculación mejora la propagación y el manejo en vivero en especies de plantas como la guanábana, papaya, durazno, manzano, aguacate y algunas especies forestales, además, de ser recomendable su uso en especies que requieren de una etapa de aclimatación o crecimiento en vivero. Lo anterior, gracias a los efectos benéficos de los HMA en las plantas, como promotores de crecimiento, defensa ante patógenos al inducir la síntesis de metabolitos secundarios inductores de resistencia, estimular las poblaciones de microorganismos que participan en el reciclaje de nutrimentos y mejorar la agregación de las partículas del suelo (Alarcón, 2008).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares nativos en el desarrollo de plantas de *Agave cupeatra* en vivero en la región de Tacámbaro, Michoacán.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el vivero de la Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable del Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro Michoacán con plántulas de *Agave cupreata* las cuales fueron establecidas bajo un diseño completamente al azar con dos tratamientos (con HMA nativos y sin HMA) y cuarenta y tres plantas cada uno.

Las plantas de *Agave* se establecieron en sustrato compuesto por peat moss y perlita en proporción 2:1, en bolsas de polietileno para un kilogramo de sustrato.

El inoculo de HMA nativos, se obtuvo del cultivo de zarzamora variedad Tupi establecido en el Instituto, que de acuerdo con un estudio previo realizado por Cervantes (2019), éste mostró una colonización por hifas de 99% y por vesículas de 38 %. El inoculo se obtuvo de las raíces de las plantas de zarzamora y rizosfera.

Las plantas de *Agave* se inocularon con 5 gramos de raíces de plantas de zarzamora y 200 gramos de rizosfera y posterior a un mes, se registró la altura, el diámetro de la roseta y el número de hojas de las plantas en cada tratamiento.

El presente trabajo es una segunda etapa de avaluación de las plantas de agave, siendo el sexto registro de las variables en un periodo de diez meses.

Los datos fueron analizados en el programa estadístico InfoStat se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks modificado, transformación de datos por rangos, un análisis de la varianza y comparación múltiple de medias por el método Duncan.

Resultados y discusión

No se encontraron diferencias significativas para la altura de las plantas (p=0.1273) y el diámetro de la roseta (p=0.9497). en el caso del número de hojas por planta, se encontraron diferencias entre tratamientos (p=0.0352), siendo las plantas que no fueron inoculadas las que mayor número de hojas desarrollaron (Figura 1).

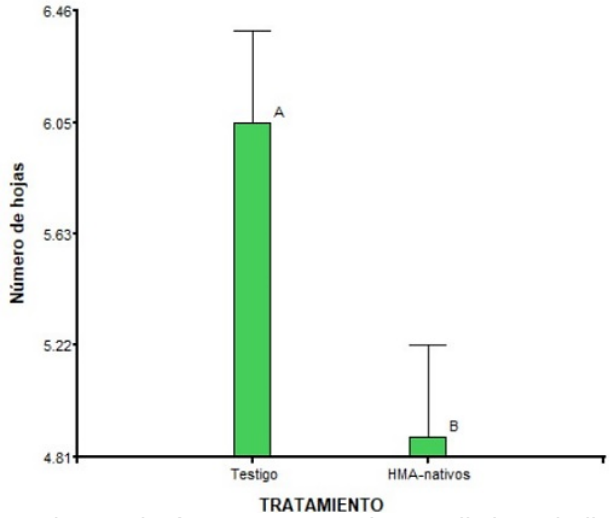


Figura 1. Número de hojas en plantas de *Agave cupreata*. Letras distintas indican diferencias significativas (α=0.05).

A pesar de que los tratamientos no hayan sido estadísticamente diferentes, a los once meses después de establecido el experimento, son las plantas sin inoculo, las que han presentado mayor altura y diámetro (Figura 2a y b).

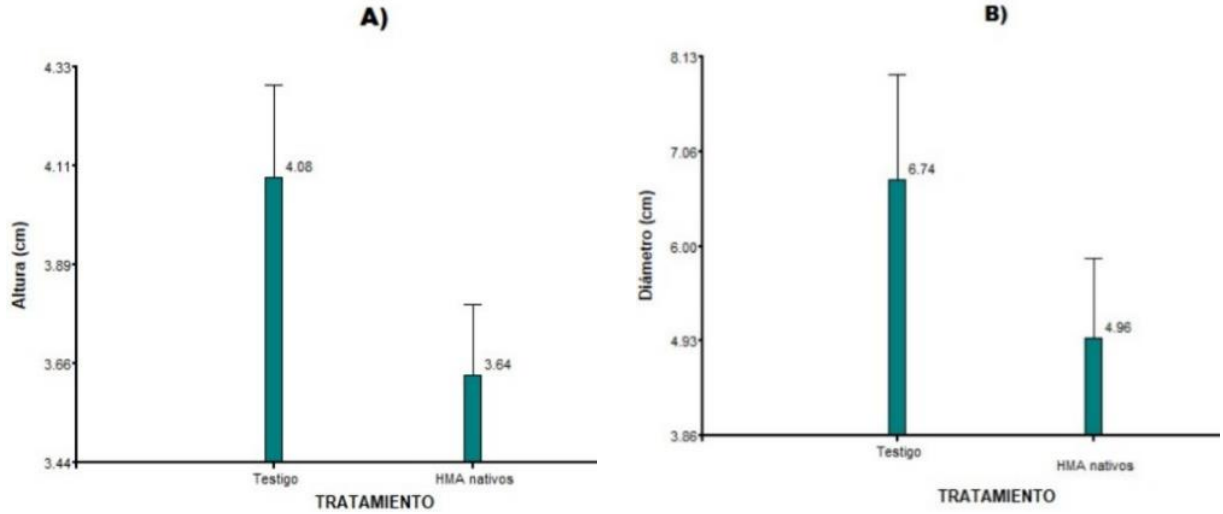


Figura 2. Altura A) y diámetro B) de plantas de *Agave cupreata* con inóculo de HMA nativos.

Se ha reportado que la respuesta a la inoculación con HMA en distintas especies de *Agave* ha sido variable, Ruiz *et al*. (2011) no encontraron diferencias en *Agave tequilana* para ninguna de las variables de crecimiento que evaluaron en las plantas inoculadas, contrario a lo reportado por Trinidad-Cruz *et al.* (2017) en plantas de *Agave cupreata* con diferencias entre las plantas inoculadas y sin inoculo en el número de hojas, peso fresco y biomasa seca total.
De acuerdo con Gustafson y Casper, 2006; Jansa *et al*., 2008; Camprubi *et al*., 2011 citados por Trinidad-Cruz *et al.* (2017), la influencia y respuesta en crecimiento de las plantas a la inoculación, es distinta de acuerdo con las especies de HMA y la dependencia del hospedero.

Conclusiones

El uso de HMA nativos puede ser una alternativa para mejorar el desarrollo de las plantas, sin embargo, la falta de diferencias estadísticas entre tratamientos a los diez meses de evaluación de las plantas y

comparado con lo antes encontrado, muestra la importancia de continuar con la investigación para determinar el efecto de los HMA nativos en todas las etapas de desarrollo del cultivo.

Referencias bibliográficas

Alarcón, A. (2008). Los hongos micorrízicos arbusculares como biotecnología en la propagación y manejo de plantas en viveros. *Agro Productividad*, *1*(6).

Cervantes Almonte Diana (2019). Evaluación de hospederos para la propagación de hongos micorrízicos en arbusculares de zarzamora. Tesis de ingeniería, Instituto Tecnológico Superior de Tacámbaro, Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, 32 p.

Ruiz, S., Adriano, L., Ovando, I., Navarro, C., y Salvador, M. (2011). Biofertilization of micropropagated *Agave tequilana*: Effect on plant growth and production of hydrolytic enzymes. African Journal of Biotechnology, 10(47), 9631-9639.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2025). Avance de siembras y cosechas.

Trinidad-Cruz, J. R., Quiñones-Aguilar, E. E., Rincón-Enríquez, G., López-Pérez, L., y Hernández-Cuevas, L. V. (2017). Micorrización de *Agave cupreata*: biocontrol de *Fusarium oxysporum* y promoción del crecimiento vegetal. Revista mexicana de fitopatología, 35(2), 151-169.

EFECTO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA CASCARILLA DE CACAO SOBRE SUS PROPIEDADES BIOQUÍMICAS

Shirley Valeska Larios-Reyes[1], Juan Francisco Caballero-Pérez[2]*, Bernardito Ribai Perez-Perez[2], Biaani Beeu Martínez-Valencia[2]

[1]Instituto Tecnológico de Tapachula;[2]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP.
*Autor para correspondencia: seneka95@hotmail.com

Palabras clave: Fermentación, cascarilla de cacao, secado.

Introducción

México cuenta con óptimas condiciones naturales para el cultivo de cacao (*Teobroma cacao* L.), un rubro de gran demanda internacional por la alta calidad de los compuestos del aroma y sabor que lo hace único. A nivel mundial, se estima que se procesa alrededor de 700 mil millones de toneladas de granos de cacao al año, siendo esto una cantidad significativa (Okiyama *et al*., 2017; ICCO, 2022). En la producción de cacao su principal producto final es el chocolate, por ende, solo se aprovechan las semillas, lo que corresponde tan solo al 20-23% del fruto. De éstas, la parte comestible son sus cotiledones, los cuales sufren transformaciones importantes durante la fermentación y el secado (Campos *et al*., 2018). Por otra parte, en la industria del cacao se subutilizan productos que pudieran ser ingredientes en la elaboración de productos novedosos, uno de ellos es la cascarilla del grano de cacao, la cual corresponde a un 12-15% del grano fermentado y seco; sin embargo, en la actualidad se le está dando amplia importancia debido a su potencial nutritivo y fácil disponibilidad, pero se necesita garantizar su calidad bioquímica, además existe un enfoque hacia un crecimiento ascendente de la demanda de alimentos y productos agrícolas con valor agregado, lo cual representa una iniciativa favorable para el desarrollo sostenible de las agroindustrias (Jarrín-Chacón *et al*., 2023). En los últimos años, se le está dando un gran interés a los subproductos de cacao, debido a que se ha reportado que están constituidos por compuestos bioactivos de interés alimenticio, pero se necesita garantizar su calidad. Por la anterior el presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto de diferentes procesos de obtención en las propiedades bioquímicas de la cascarilla del grano cacao.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental Rosario Izapa, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas ubicado a los 14 º58’ LN, 92º 9’ LO, a una altitud de 435 m. Se seleccionaron mazorcas de cacao tipo Forastero en madurez óptima y libres de daños por plagas y enfermedades. Después, se lavaron las mazorcas para eliminar impurezas y evitar contaminación de los granos de cacao. Las mazorcas fueron partidas para extraer los granos de cacao, los cuales fueron separados de la vena central y colocados por separado en recipientes de plástico y con buenas prácticas de higiene. Se utilizó un lote de 40 kg de cacao en baba, el cual fue colocado en un cajón de madera de Huanacaxtle de 60 x 60 x 60 cm para someterlo a fermentación por cinco días. Con un higrotermómetro se midió la temperatura y humedad relativa en el ambiente. La fermentación tuvo una duración de cinco días y finalizó cuando se obtuvo un 80% de granos bien fermentados.

Diseño experimental y tratamientos: Posterior a la fermentación, se usaron dos tipos de secado: a) secado al sol; los granos de cacao se colocaron en cajones de madera formando una capa no mayor a 2 cm de espesor y secado en horno a temperatura de 60°C por 22 h. Una vez que el grano alcanzó una humedad de 7%, se usaron dos tipos de tostado del grano: 1) tostado a temperatura de 140 °C por 25 minutos y 2) sin tostado. El experimento se estableció mediante un diseño factorial 2 x 2 con cuatro tratamientos: T1 (secado al sol, sin tostado del grano); T2 (secado al sol con tostado del grano); T3 (secado en horno sin tostado del grano) y T4 (secado en horno con tostado del grano). Después de realizar los diferentes procesos de obtención de la cascarilla de grano cacao se procedió a quitar dicha cascarilla de manera manual usando las buenas prácticas de higiene.

Durante el proceso de fermentación se determinó el pH de la masa de granos de cacao. En la cascarilla de cacao se determinaron variables químicas como cenizas, contenido de proteína y fibra mediante protocolos establecidos por la AOAC (2011), así como el contenido de compuestos fenólicos por el método espectrofotométrico.

Análisis estadístico: Los resultados de pH fueron graficados y se calculó la media y desviación estándar con el software Excel. Los resultados de las variables de cenizas, contenido de fibra y proteína, así como el contenido de compuestos fenólicos fueron analizados usando una comparación de medias mediante la prueba Duncan a una P≤0.05 con cinco repeticiones.

Resultados y discusión

Durante el proceso de fermentación, en el ambiente se presentó una temperatura promedio de 28°C y humedad relativa de 71%. En la Figura 1 se observa que, el pH del cotiledón mostró una mayor variación con una disminución de 6.23 a 4.5 al quinto día de la fermentación en contraste el pH de la testa que presentó cambios menores con un incremento de 3.92 a 4.14, al final de la fermentación. Es probable que esto se deba a la actividad química que se genera dentro del grano y repercute muy poco en la testa. Al finalizar la fermentación se comprobó la presencia de ácido acético como resultado de los cambios químicos dentro de los granos de cacao, lo cual puede contribuir la disminución del pH, ya que, durante la fermentación el ácido acético se produce como consecuencia de la descomposición microbiana de la pulpa que recubre a la testa y es posible que las condiciones químicas del grano permitan la difusión de ácido hacia el interior del grano.

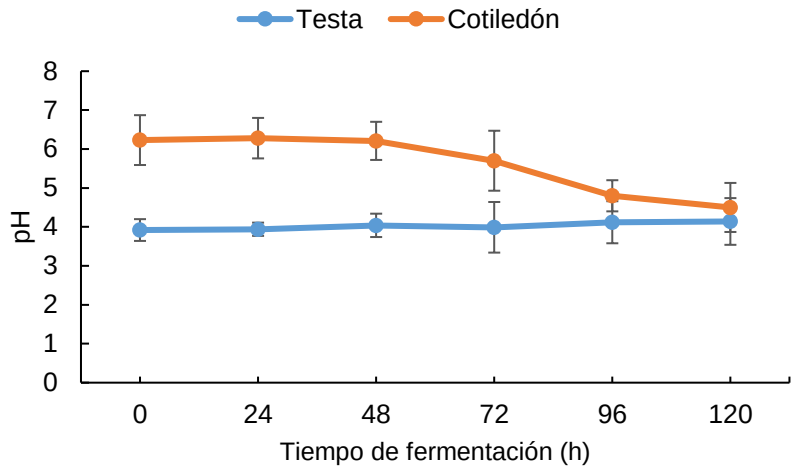


Figura 1. Variación en el pH de la testa y el cotiledón de los granos de cacao durante la fermentación.

Cuadro 1. Dinámica de las variables químicas determinadas en la cascarilla del grano de cacao, después de los procesos de obtención.

Tratamiento	Variable			
	Cenizas (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Compuestos Fenólicos (%)
T1	8.21±0.11a[z]	5.23±0.07a	17.26±0.53a	62.89±0.73b
T2	8.1±0.02a	4.49±0.03b	13.83±0.63b	63.29±3.21b
T3	8.07±0.15a	4.01±0.09c	12.93±0.07c	60.77±0.56b
T4	2.83±1.19b	2.08±0.53d	6.09±0.34d	76.84±4.92a
CV(%)	2.28	1.60	3.47	2.49

[z]Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Duncan a una P≤0.05; CV: coeficiente de variación. Valores promedio de 5 repeticiones.

En el Cuadro 1 se observa que, en el T4 (secado en horno con tostado del grano) se presentaron valores de relación menores registrados para las variables de contenido de cenizas, fibra y contenido de proteína. Los valores más altos en el contenido de estas variables se presentaron en el T1 (secado al sol, sin tostado del grano), seguido de los demás tratamientos; sin embargo, en T4 el contenido de compuestos fenólicos mostro ser mayor significativamente en contraste con el resto de los tratamientos. Okiyama *et al*. (2017), indicaron que, en la fase de fermentación los efectos de acidez y pH en los granos son significativos y

afectan el contenido de compuestos fenólicos, provocando una ligera disminución del sabor amargo y la disminución de las metilxantinas en el grano, existiendo la migración directa de estos compuestos hacia la cascarilla. Los autores también señalan que, en el secado, los polifenoles siguen experimentando reacciones enzimáticas de degradación a quinonas y sucesivamente a la condensación de grupos libres de amino y sulfhídrico obteniéndose un color marrón; por correspondencia el secado al sol ayuda a obtener granos con mejor calidad mientras que el secado artificial no provee un buen efecto organoléptico y en el tostado la concentración de los compuestos polifenólicos epicatequina/catequina puede ser reducido por la altas temperaturas por reacciones con las proteínas, la (-) - epicatequina que se encuentra en mayor cantidad de epimeriza a (-) – catequina 30 y la (+) – catequina a (+) – epicatequina, y se isomeriza el anillo oxigenado de la catequina.

Conclusiones

La obtención de cascarilla de cacao mediante un proceso de fermentado, secado al sol y sin proceso de tostado del grano permite obtener un producto con mejores niveles en los contenidos de cenizas, fibra y proteína, lo cual siguiere que, bajo dicho proceso de obtención, la cascarilla adquiere un gran potencial para ser usada en la preparación de nuevos productos como infusiones o harinas para mejorar su calidad nutricional.

Agradecimientos

Se agradece al INIFAP por el financiamiento otorgado a través del proyecto fiscal con número de SIGI: 11103435378.

Referencias bibliográficas

AOAC (Association of Official Analitycal Chemist). 2011. Official Methods of Analysis. Metodos: 962.09, 2011.11, 923.03. Ed. Washington D.C, Estados Unidos. Cap. 31. p. 1-17.

Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. 2018. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. Trends in Food Science & Technology, 81(1): 172–184.

ICCO (Organización Internacional del Cacao). 2022. Estadísticas del Cacao – Noviembre, 2022 Boletín Trimestral de Estadísticas del Cacao.

Jarrín-Chacón, J. P., Núñez-Pérez, J., Espín-Valladares, R. D. C., Manosalvas-Quiroz, L. A., Rodríguez-Cabrera, H. M., & Pais-Chanfrau, J. M. 2023. Pectin Extraction from Residues of the Cocoa Fruit (*Theobroma cacao* L.) by Different Organic Acids: A Comparative Study. Foods, 12(3).

Okiyama DCG, Navarro SLB, Rodrigues CEC. 2017. Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. Trends in Food Science & Technology. 63:103–112.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MIEL DE *Scaptotrigona mexicana* Y EXTRACTO DE HOJA DE *Argemone mexicana* COMO INDUCTOR FLORAL EN *Gazania rigens*

José Daniel Guevara-Gomez[1], Liliana Carolina Cordova-Albores[1]*, Ma. Claudia Castañeda Saucedo[1]

[1]Licenciatura en Agrobiotecnología. Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara. Av. Enrique Arreola Silva No. 883, Colón, Cd Guzmán Centro, 49000 Cd. Guzmán, Jalisco. Teléfono: +52 (341) 575 2222 Ext. 46189.
*Autor para correspondencia: liliana.cordova@cusur.udg.mx

Palabras clave: Miel, inductor floral, chicalote.

Introducción

La floración es un proceso fisiológico complejo y esencial en las plantas, cuya regulación depende de señales internas como las fitohormonas y factores ambientales como la temperatura, la luz y el fotoperiodo. En el ámbito de la floricultura, optimizar la inducción floral representa un reto constante, particularmente en especies ornamentales como *Gazania rigens*, conocida por su floración prolongada y resistencia a condiciones adversas (Salisbury y Ross, 2020). Tradicionalmente, este proceso se ha estimulado con reguladores de crecimiento sintéticos (Taiz y Zeiger, 2018); sin embargo, su uso continuo puede acarrear efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana.

Ante esta problemática, surge el interés por desarrollar alternativas sostenibles mediante el uso de bioestimulantes naturales. En este contexto, el extracto vegetal de *Argemone mexicana*, conocido comúnmente como chicalote, ha demostrado contener compuestos bioactivos como alcaloides, flavonoides y ácidos fenólicos, capaces de modular rutas hormonales implicadas en la transición vegetativa-reproductiva (Gul *et al*., 2022) A su vez, la miel producida por abejas del género Melipona presenta azúcares, aminoácidos, enzimas y compuestos bioactivos y ácidos orgánicos los cuales pueden intervenir positivamente en procesos fisiológicos, incluido el desarrollo floral (Abou-Sreea *et al*., 2020).

Dado que no existen estudios previos sobre la aplicación conjunta de estos bioestimulantes en *Gazania rigens*, esta investigación propone evaluar el efecto del extracto acetónico de hojas de *Argemone mexicana* y miel de Melipona como inductores florales bajo condiciones de campo en el Campo Experimental Las Limas, Jalisco. Se busca generar evidencia científica sobre su viabilidad como alternativa natural frente a los productos sintéticos, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles.

Materiales y métodos

Se colectaron plantas completas de *A. mexicana* en León, Guanajuato. Se separaron las hojas, tallos y raíces y se secaron a la sombra. Con las partes de la planta seca obtuvieron extractos hexánicos, acetónicos y metanólicos. Para la evaluación, se utilizó el extracto acetónico de hoja a 50 ppm previamente reportado por Córdova-Albores *et al*. (2019), como estimulante del crecimiento vegetativo. La miel se obtuvo de colmenas de *Scaptotrigona mexicana* ubicadas en el ejido 21 de marzo, municipio de Tapachula, Chiapas. Para la elaboración del bioestimulante se preparó una solución acuosa del extracto acetónico de hoja a 50 ppm y de miel a 800 ppm. Los tratamientos evaluados se describen en el Cuadro 1.

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental del Centro Universitario del Sur “Las Limas”, ubicado en Ciudad Guzmán, Jalisco durante los meses marzo-junio del año 2025. El establecimiento de *Gazania rigens* se ubicó en una superficie de 130 m² (10 x 13 m) donde se formaron 5 surcos con una separación de 80 cm entre sí, permitiendo una adecuada distribución de las plantas y facilitando las labores de manejo agronómico. Se sembraron plántulas de 30 DDS. Para la mejora de las condiciones edáficas, se aplicó una enmienda orgánica compuesta por una mezcla de 10% humus, 10% roca fosfórica, 80% cachaza y 20% ceniza. Esta combinación tuvo como objetivo principal optimizar la estructura del suelo, incrementar su fertilidad y favorecer la retención de humedad, factores clave para el adecuado desarrollo del cultivo para todos los tratamientos. Se utilizó sistema de riego por goteo, irrigándose cada tercer día. Los tratamientos se aplicaron una sola vez por aspersión (15 mL) por la mañana 45 DDS. El diseño experimental fue completamente al azar con 5 tratamientos y 13 repeticiones tomando como unidad experimental una planta. Las mediciones se tomaron durante 5 semanas, cada tercer día y las variables evaluadas fueron número de hojas, número de flores y botones florales. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza para todas las evaluaciones y comparaciones de medias, mediante el método de Tukey ($p<0.05$). Los datos fueron analizados utilizando el programa Sigma Stat 3.5.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción
T1	Tratamiento sin aplicación de bioestimulante (control).
T2	Solución de miel (800 ppm).
T3	Mezcla de extracto acetónico de hoja de *A. mexicana* (50 ppm) y miel (800 ppm) 70-30 % v/v respectivamente.
T4	Solución de extracto acetónico de hoja de A. mexicana (50 ppm).
T5	Mezcla de miel (800 ppm) y extracto acetónico de hoja de *A. mexicana* (50 ppm) 70-30 % v/v respectivamente.

Resultados y discusión

En general, los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas en cuanto al número de hojas, siendo el promedio entre todos los tratamientos 60 hojas. En cuanto al número de flores, tampoco hubo diferencia estadística ya que el promedio de numero de flores por tratamientos fue de 5 flores por tratamiento. Sin embargo, en cuanto al número de botones florales, los tratamientos T2, T3, T4 Y T5 mostraron diferencias estadísticas con respecto al control. Numéricamente en estos tratamientos se obtuvo en promedio 3 botones más respecto al control donde solo se obtuvo en promedio 1 botón Figura 1.

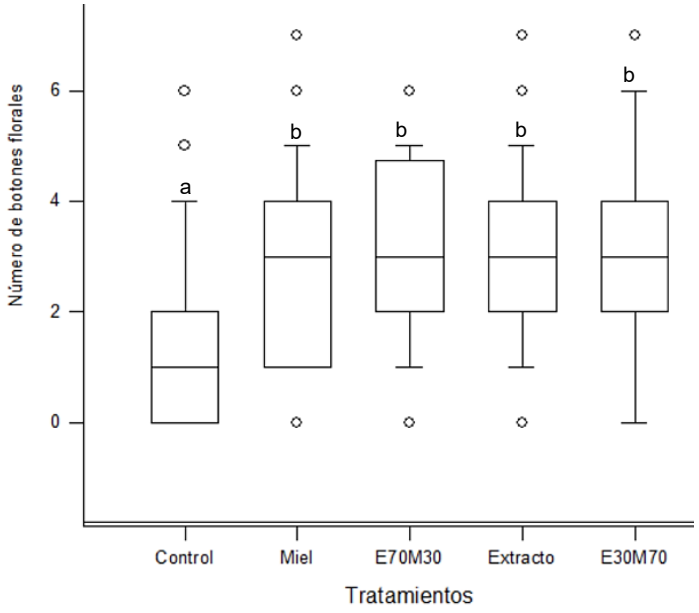


Figura 1. Promedio de numero de botones florales por tratamiento evaluado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, coincide con lo reportado por Villegas-Torres *et al*. (2001), quienes demostraron que la aplicación foliar de miel de abeja al 2 % estimuló el crecimiento radicular y la vigorosidad de la planta, favoreciendo la absorción de nutrientes del suelo, ya que el alto contenido de carbohidratos (fuente de energía de fácil disposición) y la presencia de hormonas, vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas y otros constituyentes orgánicos presentes en la miel le confieren un gran potencial a este producto. Por su parte, Córdova-Albores *et al*. (2019), demostraron que los extractos acetónicos de hoja de A. mexicana estimularon la germinación, el crecimiento radicular y la elongación de tallo en plantas modelo de mono y dicotiledóneas. Aunque el modo de aplicación en este trabajo fue diferente, coincide con el obtenido en este trabajo ya que se logra obtener un mayor número de botones florales. Si bien en esta investigación se utilizan concentraciones bajas a lo reportado anteriormente, constituye la base para la continuidad de investigaciones con extractos y mieles, ya que las características de moléculas presentes en estos, contienen una riqueza que puede ser utilizada en la nueva generación de bioestimulantes vegetales.

Conclusiones

El potencial de la miel de *Scaptotrigona mexicana* y el extracto acetónico de hojas *de Argemone mexicana* contribuye a la investigación de bioestimulantes de origen natural como una alternativa viable para la floricultura, sobre todo evitando productos químicos sobre costosos que además afectan la rentabilidad de la producción de flores y dañan al ambiente. Sin embargo, se requiere de más investigación al respecto para poder realizar una transferencia de tecnología y poder comercializarse.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos el apoyo de la Universidad de Guadalajara a través de los fondos PROSNI para la realización de este trabajo.

Referencias bibliográficas

Taiz, L., & Zeiger, E. (2018). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates.

Gul, F., Hussain, A., Ahmad, M., & Nawaz, M. A. (2022). The role of natural sugars and plant extracts in plant growth regulation: A review. Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 175, 56-72

Ramírez, L., López, M., & Hernández, R. (2021). Bioactive compounds in plant extracts and their effects on flowering induction. *Botanical Studies, 62*(3), 45-60.

Abou-Sreea, A. I., Al-Kahtani, M. D., Al-Solaimani, S. G., & El-Tarabily, K. A. (2020). The role of honey as a natural biostimulant in enhancing plant growth and stress tolerance. *Journal of Plant Growth Regulation, 39*(4), 1030-1045. Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae, 196*, 3-14.

CARACTERIZACIÓN METAGENÓMICA DE LA MICROBIOTA DEL SUELO EN PLANTACIONES DE CÍTRICOS

Lorena Jacqueline Gómez-Godínez[1*], Sergio de los Santos Villalobos[2], Ruiz Rivas Magali[3], Aguirre Noyola José Luis[1], Pedro Cadena[4] y Rafael Ariza[5]

[1]CNRG, INIFAP; [2]ITSON; [3]CE. Uruapan, INIFAP; [4]CE. Centro Chiapas, INIFAP; [5]CE. Valles Centrales, INIFAP.
*Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx

Palabras clave: Shotgun, HLB, microbioma.

Introducción

Los cultivos cítricos son una fuente importante de alimentos y una actividad agrícola estratégica en muchas regiones del mundo, incluyendo México, donde su producción contribuye significativamente a la economía rural y nacional. Sin embargo, la productividad y la calidad de los cítricos se ven frecuentemente afectados por diversas enfermedades del suelo que limitan el desarrollo adecuado de las plantas, provocan pérdidas económicas y amenazan la sustentabilidad de estos sistemas agrícolas. Una de las enfermedades más recurrente en cítricos es HLB (Huanglongbing), la cual afecta severamente a los árboles cítricos, provocando amarillamiento de las hojas, deformación y sabor amargo en los frutos, así como la muerte progresiva del árbol, lo que reduce drásticamente la producción y calidad de los cultivos (Pérez-Hedo *et al*., 2025). La microbiota que habita en el suelo, juega un papel esencial en la salud y el rendimiento de las plantaciones cítricas. La microbiota del suelo está compuesta por una gran diversidad de microorganismos, incluyendo bacterias, hongos, arqueas y otros, que participan activamente en procesos vitales, como la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fósforo y el secuestro de algunos metales, la mineralización de materia orgánica, la promoción del crecimiento vegetal y la protección frente a fitopatógenos. Las interacciones entre estos microorganismos y las raíces de las plantas determinan en gran medida la resistencia del cultivo frente a enfermedades y el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles.

Las tecnologías moleculares, y en particular la metagenómica, han transformado la microbiología del suelo al permitir la secuenciación directa del ADN ambiental, proporcionando una caracterización mucho más completa y precisa de la diversidad microbiana y su potencial funcional (Zhang *et al*., 2021). El análisis metagenómico permite comparar la estructura y composición de las comunidades microbianas en diferentes condiciones, como en suelos asociados a plantaciones cítricas sanas versus enfermas. Estas comparaciones son fundamentales para identificar cambios o desequilibrios microbianos que podrían estar relacionados con la aparición y desarrollo de enfermedades del suelo, además de revelar microorganismos benéficos que podrían ser explotados para el manejo biológico y la mejora de la salud del cultivo. Esta información es fundamental para el desarrollo de prácticas agroecológicas que fomenten una microbiota saludable y resistente, mejorando así la productividad y sostenibilidad del cultivo. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo realizar una caracterización metagenómica del suelo en plantaciones de cítricos con diferentes estados fitosanitarios, con el fin de identificar variaciones en la diversidad, composición y funciones microbianas asociadas a la salud o enfermedad del cultivo. Los resultados generados proporcionarán una base científica para el diseño de estrategias integradas de manejo agrícola que promuevan la sustentabilidad, productividad y resistencia de las plantaciones cítricas frente a enfermedades del suelo.

Materiales y métodos

Diseño experimental. El estudio se desarrolló en plantaciones de cítricos ubicadas en el estado de Veracruz, seleccionando sitios con condiciones fitosanitarias contrastantes: plantaciones con presencia evidente HLB (enfermos) y plantaciones sin síntomas visibles (sanos). Se empleó un diseño completamente aleatorio con un factor fijo, “estado fitosanitario”, con dos niveles (enfermo y sano). En cada nivel se tomaron tres réplicas biológicas independientes para capturar la variabilidad espacial y permitir comparaciones estadísticas robustas. Este diseño permitió evaluar diferencias en la diversidad y composición de la microbiota del suelo asociada a cada estado fitosanitario.

Toma de muestras de suelo asociadas a plantaciones sanas y enfermas. Las muestras de suelo se recolectaron en la rizósfera de plantas cítricas adultas. En cada sitio, se limpió manualmente la superficie para eliminar hojarasca, residuos orgánicos e inorgánicos que pudieran contaminar la muestra. Se realizó

un muestreo sistemático en transectos en zigzag para garantizar representatividad espacial. Con una espátula metálica, se extrajeron muestras de suelo a una profundidad de 60 cm, obteniendo aproximadamente 100 g por muestra. Las muestras fueron almacenadas en bolsas estériles y transportadas a temperatura controlada (4 °C) hasta su procesamiento en laboratorio.

Extracción de ADN, secuenciación shotgun y análisis metagenómico. El DNA se extrajo utilizando el kit de aislamiento PowerSoil (Qiagen, Hilden, Alemania) y se cuantificó utilizando el ensayo de Qubit de alta sensibilidad (Thermo Fisher Scientific, Reinach, Suiza). La prepración de las bibliotecas se realizó con el kit de DNA TruSeq (Illumina Inc., San Diego, CA, Estados Unidos). La secuenciación shotgun de las muestras de ADN eluidas se realizó en Microsynth AG (Balgach, Suiza), utilizando el sistema Illumina NovaSeq (2 × 150 pb; Illumina Inc., San Diego, CA, Estados Unidos). Los datos obtenidos de la plataforma de Illumina fueron sometidos a control de calidad, mediante FastQC v.0.11.9. Las lecturas se filtraron y recortaron, con Trimmomatic v0.36 (*Q*= 20, longitud mínima de lectura = 40). Los pares de lecturas preprocesadas y las lecturas singleton de todas las muestras se ensamblaron en contigs (>200 pb) mediante la construcción iterativa *de grafos de De Bruijn* utilizando *k* -meros de tamaño creciente con elensamblador *de novo MEGAHIT v1.1.3.* Las CDS (Secuencias Codificantes) se predijeron con MetaGeneMark v3.38. Los genes predichos fueron asignados a funciones metabólicas y celulares generales a través de EggNOG v4.5.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos sugieren que las muestras de suelo orgánico_sanas, tiene una mayor diversidad ecológica en comparación con las muestras orgánico_enfermas, lo que es consistente con estudios previos que muestran que los ambientes orgánicos tienden a fomentar una mayor diversidad microbiana y ecológica, esta mayor abundancia, podría estar relacionada con las prácticas de manejo y menos perturbaciones ambientales (Wang *et al*., 2017). Los índices de Chao, Observeda y Shannon reflejan esta tendencia, mostrando valores más altos en la condición orgánico_sanas. El índice de Simpson, que mide la dominancia, mostró diferencias menores, lo que indica que, aunque hay diferencias en términos de diversidad global, la distribución de las especies dentro de cada grupo no varía significativamente entre las condiciones. Este hallazgo podría indicar que las especies dominantes en ambos ambientes son similares en número y distribución, pero la comunidad general es más diversa en orgánico_sanas.

En todas las muestras, la clase bacteriana predominante fue Bacilli, seguida por Alphaproteobacteria y Betaproteobacteria, que constituyen la mayor parte de la composición bacteriana en cada muestra. Actinobacteria se presentan en cantidades menores (Figura 1). Los resultados muestran una clara predominancia de Bacilli, Alphaproteobacteria y Betaproteobacteria en todas las muestras analizadas, lo que sugiere que estas clases bacterianas son más abundantes en los suelos estudiados, independientemente de si las muestras provienen de suelos enfermos o saludables. Este patrón puede reflejar una estabilidad en la microbiota bacteriana del suelo, particularmente en suelos orgánicos saludables. La alta prevalencia de Bacilli podría estar relacionada con su capacidad para adaptarse a una amplia variedad de condiciones ambientales y su rol fundamental en la descomposición de materia orgánica, lo cual es crucial en suelos orgánicos (Duan *et al*., 2020). Por otro lado, la presencia significativa de Alphaproteobacteria y Betaproteobacteria puede estar asociada con su participación en procesos de nitrificación y fijación de nitrógeno, fundamentales para la salud del suelo y la disponibilidad de nutrientes (Li *et al*., 2023). La presencia de Actinobacteria, aunque en menor proporción, es notable debido a su rol en la descomposición de compuestos orgánicos complejos, lo que podría indicar una mayor actividad descomponedora en estos suelos.

Conclusiones

En general, los resultados sugieren que las muestras de suelos orgánicos saludables presentan una mayor diversidad bacteriana en comparación con las muestras de suelos enfermos. Esto destaca la importancia de la gestión sostenible de los suelos para mantener un equilibrio bacteriano saludable, que favorezca procesos biológicos beneficiosos para la fertilidad del suelo y el control de enfermedades.

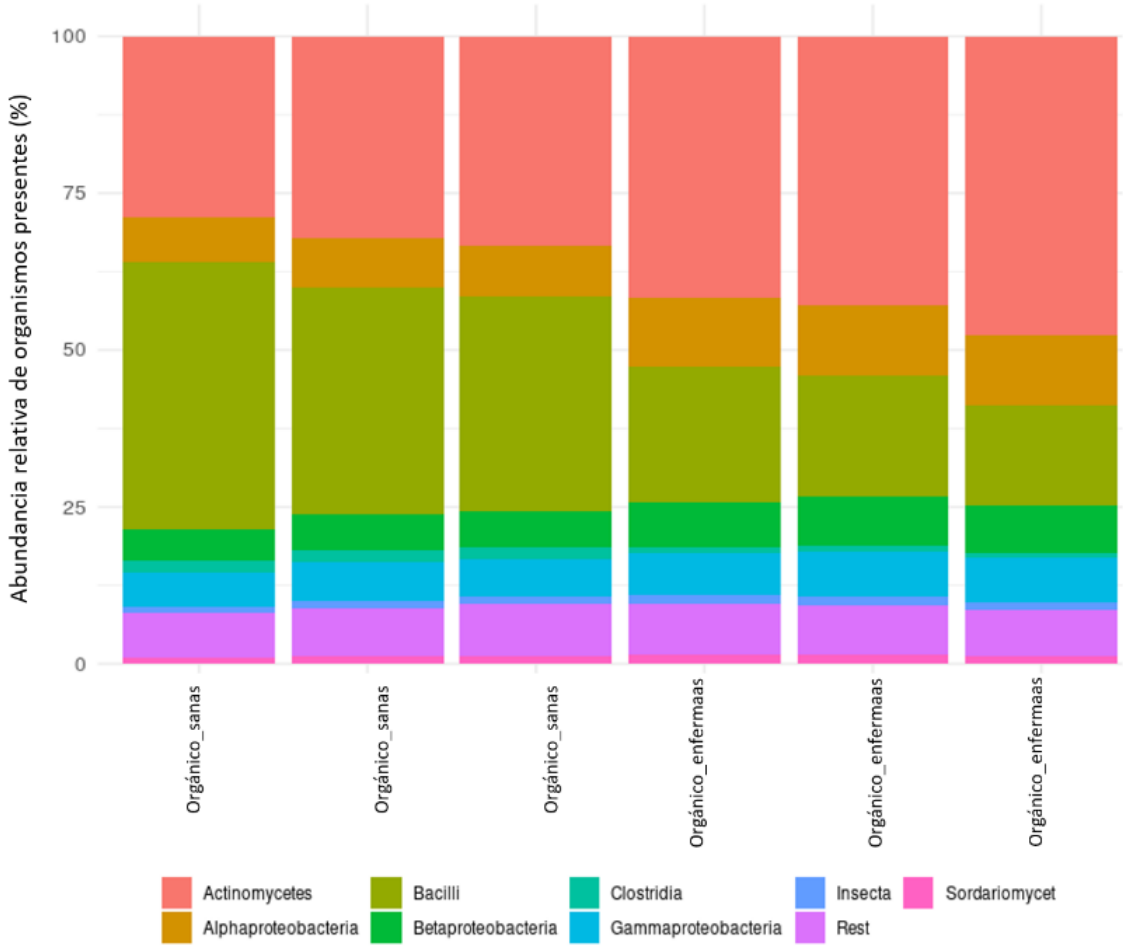


Figura 1. Abundancia relativa de los microorganismos asociadas a cítricos con manejo orgánico con y sin síntomas de enfermedad.

Referencias bibliográficas

Duan, M., Zhang, Y., Zhou, B., Qin, Z., Wu, J., Wang, Q., & Yin, Y. (2020). Effects of Bacillus subtilis on carbon components and microbial functional metabolism during cow manure–straw composting. *Bioresource Technology*, *303*, 122868.

Li, Y., Xiong, L., Yu, H., Zeng, K., Wei, Y., Li, H., ... & Ji, X. (2023). Function and distribution of nitrogen-cycling microbial communities in the Napahai plateau wetland. *Archives of Microbiology*, *205*(11), 357.

Pérez-Hedo, M., Hoddle, M. S., Alferez, F., Tena, A., Wade, T., Shourish, C., ... & Urbaneja, A. (2025). Huanglongbing (HLB) and its vectors: recent research advances and future challenges. *Entomologia generalis*, 1-19.

Wang, Y., Li, C., Tu, C., Hoyt, G. D., DeForest, J. L., & Hu, S. (2017). Long-term no-tillage and organic input management enhanced the diversity and stability of soil microbial community. *Science of the Total Environment*, *609*, 341-347.

Zhang, L., Chen, F., Zeng, Z., Xu, M., Sun, F., Yang, L., ... & Xie, Y. (2021). Advances in metagenomics and its application in environmental microorganisms. *Frontiers in microbiology*, *12*, 766364.

MULTIPLICACIÓN *in vitro* DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca)* POR MEDIO DE BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL (BIT)

Ashanti Libertad Pérez-Suárez[1], Guadalupe Trinidad Jiménez-López [1], José Vidal Cob-Uicab[2], Rubén Darío Góngora-Pérez[2], Eder Ramos-Hernández[3], Gilbert José Herrera-Cool[2]*

[1]Universidad para el Bienestar Benito Juárez García (UBBJG), Carretera federal Ucum - Unión Othón P. Blanco, C.P. 77984, Quintana Roo, México; [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal, km 25 Carretera Chetumal-Bacalar, Xul-Ha, Quintana Roo, México. CP: 77963; [3]INIFAP, Campo experimental Huimanguillo. Carretera Federal Humanguillo-Cárdenas Km. 1. 86400. Huimanguillo, Tabasco. México.
*Autor para correspondencia: herrera.gilbert@inifap.gob.mx

Palabras clave: Micropropagación, cultivo de tejidos vegetales, *Musa paradisiaca.*

Introducción

El plátano macho (*Musa paradisiaca*) es un cultivo de gran importancia en las regiones tropicales debido a su valor nutricional y económico. Su fruto es una fuente significativa de carbohidratos, vitaminas y minerales esenciales, contribuyendo a la seguridad alimentaria en diversas regiones. En México, su producción se concentra en Chiapas, Tabasco y Colima, los cuales representaron más del 60% de la producción nacional en 2023. Tradicionalmente, la propagación del plátano se ha realizado mediante vástagos, pero esta práctica ha sido reemplazada por técnicas in vitro debido a la diseminación de enfermedades y la necesidad de obtener material vegetal de alta calidad genética. La micropropagación mediante cultivo de tejidos permite la producción masiva de plantas sanas y homogéneas. Este proceso comprende varias etapas clave: establecimiento de explantes, multiplicación, elongación, enraizamiento y aclimatación. Entre las técnicas modernas, los biorreactores de inmersión temporal (BIT) han demostrado ser altamente eficientes al automatizar la nutrición y oxigenación, mejorando significativamente la tasa de multiplicación y el vigor de las plántulas. Debido a las ventajas que ofrece esta tecnología, el presente trabajo tuvo como objetivo establecer y multiplicar *Musa paradisiaca* mediante el sistema de biorreactores de inmersión temporal, contribuyendo a la optimización del protocolo de micropropagación de la especie.

Materiales y métodos

Los explantes fueron obtenidos de vástagos de plátano macho mejorado colectados en la localidad de Miahuatlán 2ª Sección, municipio de Cunduacán, Tabasco, y trasladados al laboratorio de Biotecnología Vegetal del Campo Experimental de Chetumal (INIFAP). En el laboratorio, se realizó el lavado del material con agua potable y jabón comercial. Para la obtención de los meristemos, se eliminaron las capas externas del pseudo tallo hasta llegar a obtener un explante de 5cm de longitud. Estos explantes fueron sumergidos en una solución al 1% (p/v) de clorotalonil durante 25 minutos en agitación constante. Luego, se transfirieron a una solución al 1% (p/v) de clorhidrato de oxitetracilina por 25 minutos más. Al finalizar el tratamiento se les realizó tres enjuagues con agua potable, previo a introducir adentro de las campanas de flujo laminar, se les asperjo con abundante etanol al 70%. En la campana de flujo laminar, los explantes fueron a disectados hasta llegar a 2.5 cm de longitud. Para desinfectarlos se remojaron en una solución de Tween® al 5% (v/v) por 5 minutos, seguido de una inmersión en etanol al 70% (v/v) por 1 minuto y posteriormente, se sumergieron en hipoclorito de sodio al 30% (v/v) durante 15 minutos y finalmente se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril.

Los explantes fueron cultivados durante 15 días en oscuridad en frascos con medio de cultivo semisólido MS al 100% con reguladores de crecimiento para la inducción de brotes.

Para la inducción y multiplicación de brotes, se utilizó un diseño completamente al azar, el cual, consistió en la prepararon cinco tratamientos, cada uno con diferentes concentraciones de 6-Bencilaminopurina (5,13, 21, 23, 25 µM) y 5 repeticiones. Todos los tratamientos fueron adicionados con sacarosa (3%), gel rite (0.25%) y ajustado a 5.7 de pH. Las condiciones de cultivo fueron de 23±2°C, 60% de humedad relativa y un fotoperiodo de 16/8 horas de luz/oscuridad, la iluminación fue con lámparas LED de 60 µmol m^2 s^{-1}.

Para la multiplicación se utilizaron BIT de frascos gemelos, además, se utilizó el mejor tratamiento obtenido en el medio semisólido, el cual, fue el tratamiento 4 (23 µM de 6-Bencilaminopurina). En un frasco, se colocaron 2 estructuras tipo rizomas con 1 brote de aproximadamente 0.5 cm de longitud. Para el ensayo,

se colocaron dos repeticiones y para la evaluación, se contabilizaron a los 30 días de cultivo la cantidad de brotes obtenidos. Cada BIT fue provisto de 500 ml de medio de cultivo líquido.

Resultados y discusión

Los tratamientos que presentaron mayor número de brotes fueron el 4 (23 µM de BAP) con 5.4 brotes promedio por explante y el 5 (25 µM) con 5 brotes promedio. En cuanto al tratamiento 3 (21 µM) se observó 3.8 brotes en promedio. En contraste, los tratamientos con menores concentraciones (T1 y T2: 5 y 13 µM, respectivamente) presentaron promedios de 1.4 y 0.4 brotes (Figura 1).

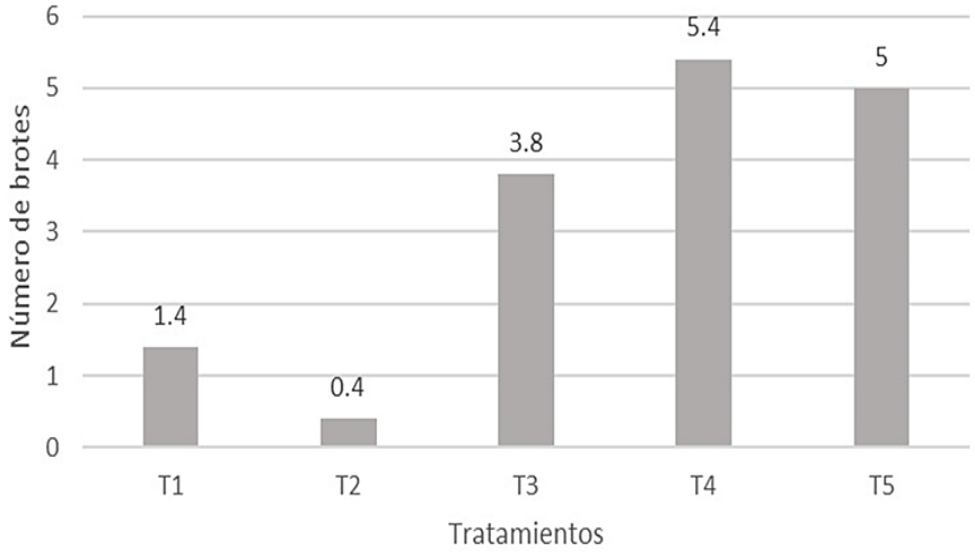


Figura 1. Número de brotes obtenidos en plátano macho a diferentes concentraciones de 6-Bencilaminopurina (BAP).

Estos resultados coinciden con estudios previos que destacan el papel de la BAP como una citoquinina promotora de la morfogénesis y multiplicación de yemas en *Musa* spp. (Escalona *et al*., 2021; Alves *et al*., 2021). En cuanto a la propagación en los BIT, se observó incremento significativo en la tasa de multiplicación, alcanzando 15 brotes promedio por explante. Además, los brotes obtenidos mostraron mayor vigor, elongación definida y diferenciación estructural más clara que los generados en medio semisólido (Figura 2).

El desarrollo de los brotes observados en los BIT puede atribuirse a la mejora en la disponibilidad de nutrientes y oxígeno debido a los ciclos de inmersión controlada, así como a la reducción del estrés osmótico y la acumulación de metabolitos tóxicos. Estos resultados respaldan lo señalado por Escalona *et al*. (2021), quienes reportan que los BIT optimizan significativamente la multiplicación *in vitro* en cultivos como *Musa* spp. En términos prácticos, la implementación de los BIT no solo permite un mayor número de brotes en menor tiempo (de Oliveira *et al*., 2025), sino que también facilita la producción a escala comercial de plantas de alta calidad genética y fitosanitaria (Bello-Bello *et al*., 2025). Esto representa ventaja estratégica para enfrentar la demanda creciente de material vegetal libre de enfermedades y con uniformidad genética.

Conclusiones

La micropropagación de *Musa paradisiaca* utilizando BAP fue efectiva, destacando la concentración de 23 µM con mayor número de brotes en medio semisólido. El uso de Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT) triplicó la tasa de multiplicación, obteniendo brotes más vigorosos en menor tiempo. Esta técnica representa una alternativa eficiente para la producción masiva de plantas sanas y uniformes.

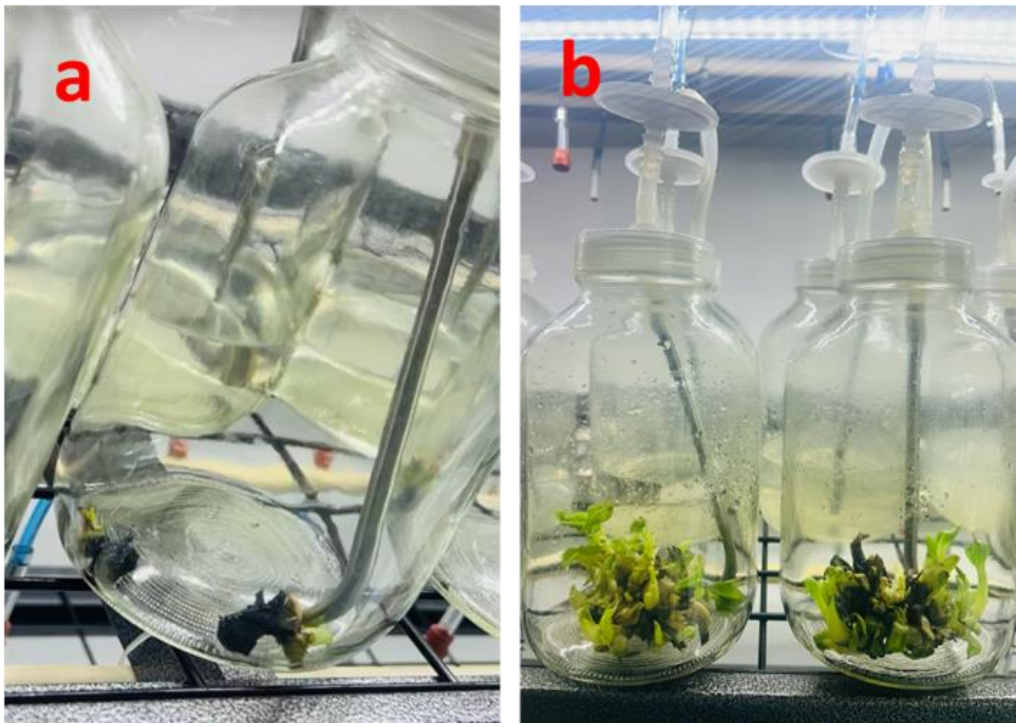


Figura 2. Desarrollo de brotes de *Musa paradisiaca* en BIT. a) establecimiento día 0, b) desarrollo a los 30 días después de cultivo.

Agradecimientos

Agradecemos al INIFAP, Campo Experimental Chetumal, del Centro de Investigación Regional Sureste, por facilitar el acceso a las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología Vegetal, lo que permitió el desarrollo de la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Alves, E., Teixeira, J. B., Silva, S. O., & Dantas, J. L. L. (2021). Micropropagation of banana: Advances and challenges. In vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 57(3), 345–353. https://doi.org/10.1007/s11627-020-10096-z

Escalona, M., Lorenzo, J. C., González-Olmedo, J., Fundora, Z., Barrero, D., & Cejas, I. (2021). Temporary immersion systems for plant micropropagation: An overview of design and application. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 147(2), 193–210. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02089-7

Bello-Bello, J. J., Mancilla-Álvarez, E., & Spinoso-Castillo, J. L. (2025). Scaling-up procedures and factors for mass micropropagation using temporary immersion systems. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 1-12.

de Oliveira, J. P., Luis, Z. G., de Araújo Silva-Cardoso, I. M., Gomes, A. C. M. M., de Souza, A. L. X., & Scherwinski-Pereira, J. E. (2025). Comparative structural analysis of banana plantlets cultivated in semi-solid medium and in temporary immersion bioreactor. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 1-20.

SÍNTESIS Y EVALUACIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA (AgNPs) COMO AGENTE ANTIMICROBIANO AUXILIAR EN EL CULTIVO *in vitro* DE AGUACATE

José Luis Aguirre Noyola[1*], Marco A. Ramírez Mosqueda[1], Jorge Daniel Cadena Zamudio[1], Alma Armenta Medina[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP.
*Autor para correspondencia: aguirre.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Persea americana*, nano-gardening, nanobiotecnología, nanomateriales.

Introducción

La nanobiotecnología se define como el diseño, la caracterización, la producción y la aplicación biológica de los nanomateriales (NMs), los cuales tienen un tamaño de 1-100 nm con propiedades ópticas, electrónicas, mecánicas, cuánticas y magnéticas especiales (Mekuye y Abera, 2023). Por esta razón, la nanotecnología ha permitido el desarrollo de herramientas más eficientes para la mejora de cultivos, el control fitosanitario y la fertilización inteligente. Esto abre nuevas oportunidades para la producción masiva de plantas, particularmente en la fase de micropropagación. La incorporación de NMs durante el cultivo *in vitro* representa una estrategia novedosa para asegurar la multiplicación de especies de importancia agroalimentaria, permitiendo aumentar la productividad, reducir los costos y asegurar la sanidad de las plántulas producidas (Guha *et al*., 2024). En este contexto, los cultivos de alto valor, como el aguacate (*Persea americana*), se convierten en candidatos ideales para la aplicación de estas nanotecnologías, ya que sus frutos son altamente valorados debido a su contenido nutricional, su demanda internacional creciente y su relevancia económica en México. El uso de NMs podría contribuir significativamente a mejorar los procesos de propagación *in vitro* de esta especie, optimizando el desarrollo de plántulas sanas, vigorosas y listas para su establecimiento en campo. Entre los NMs, las nanopartículas de plata (AgNPs) son de los más utilizados debido a su bajo coste, su alta reactividad superficial y su estabilidad coloidal. Además, tienen una gran versatilidad de síntesis, lo que permite su producción mediante métodos de síntesis verde, los cuales al utilizar microorganismos, plantas o sus derivados (enzimas o metabolitos) son más respetuosos con el medio ambiente. Las AgNPs destacan por su actividad antimicrobiana contra más de 700 especies de bacterias, hongos, parásitos y virus, muchos de ellos patógenos de cultivos. Aunado a ello, sus propiedades antioxidantes les permiten mitigar el estrés oxidativo en tejidos vegetales, favoreciendo su desarrollo y viabilidad (Bedlovičová *et al*., 2020). Estas características hacen de las AgNPs una herramienta prometedora para mejorar la eficiencia en la micropropagación de aguacate, al reducir tanto la incidencia de contaminaciones y los efectos negativos asociados a la oxidación fenólica.

Objetivos

Los objetivos fueron 1) implementar un método de síntesis verde de nanopartículas de plata (AgNPs), 2) caracterizar las propiedades químicas de las AgNPs biosintetizadas, 3) estudiar su actividad contra hongos fitopatógenos y 4) validar el efecto fungistático de AgNPs durante el cultivo *in vitro* de aguacate.

Materiales y métodos

Biosíntesis de nanopartículas de plata (AgNPs). Se cultivo una cepa metaloresistente de *Lysinibacillus fusiformis* en medio mínimo salino usando glucosa como fuente de carbono y sales de amonio como fuente de nitrógeno. La fermentación se llevó a cabo en matraces con 250 mL a 30 °C a 250 rpm durante 24 h. Posteriormente se adicionó una solución de solución de $AgNO_3$ (1 M) y se monitorio la síntesis durante 72 h mediante espectrofotometría a espectrofotometría UV-Vis, en el rango de 400–450 nm. Se obtuvieron sobrenadantes libres de células y se centrifugaron a 13 000 rpm durante 20 min a 30ºC. Los precipitados se lavaron y filtraron para eliminar los componentes residuales del medio. Los pellets de AgNPs purificados se liofilizaron.

Caracterización química de las AgNPs de síntesis verde. Las características microestructurales se examinaron mediante microscopía electrónica. La química superficial y las interacciones interfaciales de las AgNPs se caracterizaron mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). La estructura cristalográfica se determinó mediante análisis de difracción de rayos X (DRX). Para ello se empleó un difractómetro Bruker con ánodo de Cu con una tensión de aceleración de 40 kV y una corriente de filamento de 30 mA.

Efecto microbicida de las AgNPs contra hongos fitopatógenos. Las AgNPs se cuantificaron con espectroscopia de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES). Se prepararon placas de Agar Papa Dextrosa (PDA) y se ajustaron a diferentes concentraciones de AgNPs (50, 100, 200 y 300 mg L^{-1}). Un inóculo de esporas de hongos fitopatógenos se colocó en el centro de las placas de PDA y se incubaron a 30ºC por 7 días. Los hongos evaluados pertenecieron a los géneros *Phytophthora*, *Fusarium*, *Colletotrichum* y *Alternaria*. El crecimiento del hongo en presencia de AgNPs se comparó con el testigo para calcular el % de efecto microbicida.
Establecimiento del cultivo in vitro de aguacate para evaluación de AgNPs como fungistático. Las semillas de aguacate (*Persea americana* var. americana) de la variedad Hass se desinfectaron secuencialmente con etanol (70 %), cloro (10 %) y cloro (5 %) y, por último, con abundante agua destilada. Luego se sembraron en vermiculita estéril y se mantuvieron hidratadas. Las charolas se mantuvieron a 30 °C en completa oscuridad durante dos semanas. Posteriormente, se extrajeron los embriones cigóticos para su uso como explantes. Ambos explantes se desinfectaron y se colocaron en frascos con medio MS con 30 g L^{-1} de sacarosa y adicionado con metatopolina. El pH se ajustó a 5.8 y se agregó Phytagel™ como agente gelificante. Los frascos se incubaron a 30 °C y en oscuridad completa.
Análisis estadístico. En todos los experimentos se utilizó un diseño completamente aleatorizado. La normalidad de los residuales se evalúo con test de Shapiro-Wilk y pruebas de ANOVA con post hoc Tukey se usaron para definir diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos considerando $p < 0.05$.

Resultados y discusión
Las AgNPs sintetizadas por *L. fusiformis* presentaron un tamaño de cristalito de 10–11 nm, característico de nanopartículas biogénicas. Los difractogramas de rayos X mostraron dos picos principales en 2θ ≈ 38° y 45° (Figura 1a), correspondientes a los planos cristalinos (111) y (200) de la plata metálica (Agº), respectivamente. La intensidad y nitidez del primer pico indican una elevada cristalinidad. La Fig1b El análisis FTIR reveló bandas asociadas a grupos funcionales como O–H (~3400 cm^{-1}), C–H (~2900 cm^{-1}) y C=O (1500–1600 cm^{-1}), implicados en la reducción y estabilización de las nanopartículas.

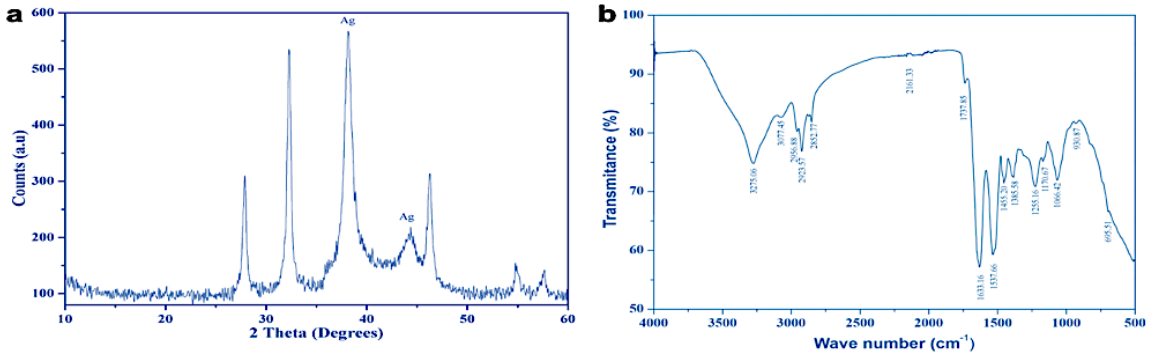


Figura 1. Caracterización química de AgNPs. Se observa (a) patrones de de difracción de rayos X y (b) espectros de FTIR de las AgNPs sintetizadas por *L. fusiformis*.

Las AgNPs presentaron un efecto microbicida diferencial según el fitopatógeno y la dosis evaluada. *Phytophthora* fue la especie más sensible al tratamiento, mostrando una reducción del crecimiento a partir de los 50 mg L^{-1} y alcanzando hasta un 50% de inhibición con 300 mg L^{-1} (Figura 2a). En *Fusarium*, el efecto inhibitorio se observó únicamente a dosis elevadas (200–300 mg L^{-1}) (Figura 2d). Un comportamiento particular se registró en *Alternaria*, donde se indujo melanización del micelio a bajas concentraciones (50–100 mg L^{-1}) sin afectar el crecimiento. La inhibición se manifestó solo a concentraciones superiores a 200 mg L^{-1} (Figura 2c). Por otro lado, *Colletotrichum* mostró resistencia a todas las dosis evaluadas en este estudio (Figura 2d). Este efecto diferencial podría deberse a variaciones en la estructura y composición de la pared celular de los fitopatógenos, así como a diferencias en la permeabilidad celular, el metabolismo, y los mecanismos de defensa antioxidante propios de cada cepa.
En cuanto a la estandarización del cultivo *in vitro* de aguacate, se observaron embriones en fase cotiledonar derivados de semillas en proceso de germinación (Figura 3a). Sin embargo, el crecimiento microbiano fue abundante, lo que impidió el desarrollo adecuado de los embriones (Fig 3b). Esto probablemente se debió a una desinfección ineficiente, así como a la presencia de microorganismos endófitos. En las semillas

germinadas en medio MS, se observó una contaminación predominantemente bacteriana (~30%), con una incidencia limitada de hongos (Fig 3b). Por otro lado, los explantes que permanecieron viables durante la primera semana tendieron a oscurecerse progresivamente debido a la fenolización (Figura 3c), un proceso de oxidación de compuestos fenólicos liberados por el tejido vegetal estresado. En conjunto, estos resultados indican la necesidad de establecer un protocolo de desinfección más eficiente, así como la inclusión de agentes antioxidantes, como AgNPs o polivinilpirrolidona (PVP).

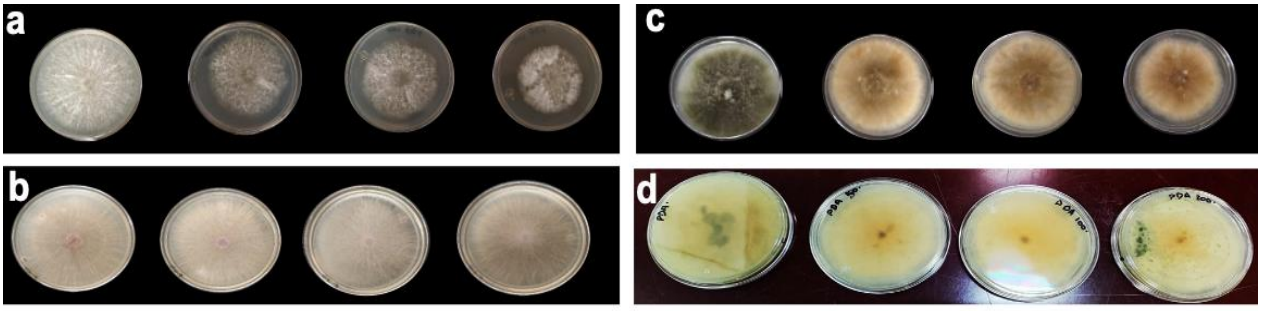


Figura 2. Efecto antifúngico de las nanopartículas de plata (AgNPs). Se observan efectos diferenciales en los fitopatógenos (a) *Phytophthora, (b) Fusarium*, (c) *Alternaria* y (d) *Colletotrichum*.

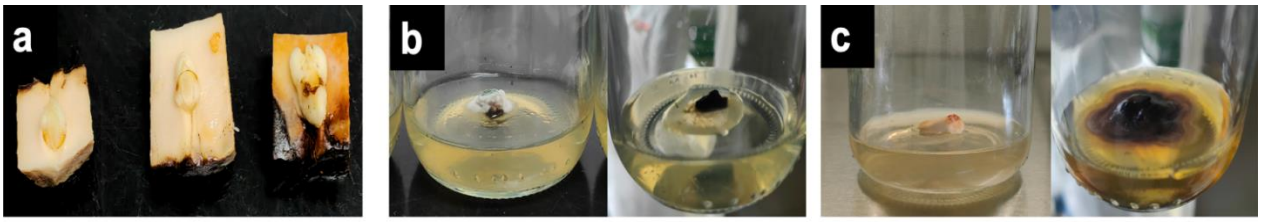


Figura 3. Estandarización del cultivo *in vitro* de aguacate. (a) Embriones somáticos de aguacate, (b) presencia de hongos y bacterias en los explantes, y (c) fenolización de tejido vegetal a las 2 semanas.

Conclusiones

Las AgNPs biosintetizadas mostraron alta cristalinidad con actividad microbicida diferencial según el fitopatógeno. Su potencial como agente antifúngico podría ser útil en el cultivo *in vitro* de aguacate, donde se enfrentan problemas de crecimiento microbiano. Nuestros hallazgos destacan la necesidad de optimizar protocolos de desinfección y explorar el uso de AgNPs como antioxidantes durante la micropropagación.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados obtenidos son parte del proyecto “Identificación de genes asociados a la respuesta al déficit hídrico y salinidad en portainjertos de aguacate (*Persea americana*)”.

Referencias bibliográficas.

Mekuye, B., & Abera, B. (2023). Nanomaterials: An overview of synthesis, classification, characterization, and applications. *Nano select*, *4*(8), 486-501.

Guha, P. S., Gupta, S. D., & Saha, N. (2024). Nano-gardening: Harnessing Metal Nanoparticles for Enhanced In Vitro Plant Regeneration. *BioNanoScience*, *14*(3), 3555-3571.

Bedlovičová, Z., Strapáč, I., Baláž, M., & Salayová, A. (2020). A brief overview on antioxidant activity determination of silver nanoparticles. *Molecules*, *25*(14), 3191.

AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FILOGENIA DE UNA CEPA DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* RAZA 1 DE PLÁTANO MANZANO

Manuel de Jesús Bermúdez-Guzmán[1]*, Mario Orozco-Santos[1], Karina de la Paz García-Mariscal[1], Francisco Javier Delgado-Virgen[2], Raúl Rodríguez-Guerra[3]

[1]Campo Experimental Tecomán, INIFAP; [2]Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Colima; [3]Campo Experimental General Terán, INIFAP.
*Autor para correspondencia: bermudez.manuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Foc, ITS, microscopía.

Introducción

El cultivo del plátano representa una importante actividad económica a nivel mundial. Este cultivo es afectado por diversos fitopatógenos, pero actualmente uno de los más importantes es *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) asociado a la enfermedad conocida como marchitez por *Fusarium*, la cual ha sido responsable de causar daños en los cultivos de plátano ocasionando cuantiosas pérdidas económicas a nivel mundial (Dita *et al*., 2010). Se han identificado cuatro razas de Foc según su especificidad: raza 1 que afecta a Gros Michel y genotipos AAB; raza 2 a Bluggoe y genotipos ABB; raza 3 a Heliconia, pero ya no es considerada parte de Foc; y raza 4 a Cavendish y variedades susceptibles a razas 1 y 2 (Fourie *et al*., 2011).

En América, la raza 4 de Foc está reportada en Colombia, Perú y Venezuela (Martínez *et al*., 2023). En México, se han detectado las razas 1 y 2, pero no la raza 4; sin embargo, existe preocupación por su posible ingreso y diseminación debido a su fácil propagación a través de suelo y material vegetal infectado. La presencia de Foc raza 4 representa un alto riesgo para la industria platanera mexicana. El objetivo del trabajo consistió en aislar, identificar morfológicamente y realizar un análisis filogenético con un aislamiento de Foc de plátano “Manzano”. Lo anterior con la finalidad de contar con cepas para futuras evaluaciones de diversos productos biorracionales que permitan implementar estrategias de control frente a la posible entrada de Foc raza 4 a México.

Materiales y métodos

Material vegetativo infectado por Foc en un cultivo de plátano Manzano (Musa AAB, subgrupo Silk) se colectó en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. El aislamiento del hongo se realizó a partir de segmentos de cormo esterilizados con solución clorada, los cuales fueron colocados en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) suplementado con cloranfenicol (100 mg/L) y estreptomicina (50 mg/L). Los cultivos axénicos fueron caracterizados morfológicamente mediante observación al microscopio óptico. Para la caracterización molecular el aislamiento resultante fue crecido en medio líquido PDB para extraer su DNA a partir de aproximadamente 200-300 mg de biomasa del hongo empleando un método clásico basado en el uso del CTAB.

El DNA extraído fue cuantificado y se evaluó su pureza con un espectrofotómetro NanoDrop 2000. La integridad del DNA se corroboró mediante electroforesis en gel de agarosa al 1% con buffer TAE. La región ITS (Internal Transcribed Spacer) se amplificó por PCR y se envió a un servicio de secuenciación (Macrogen) para su posterior análisis bioinformático. Se realizó un análisis BLAST seleccionándose las secuencias con mayor porcentaje de identidad para generar una base de datos local con diversas secuencias de Foc, las cuales fueron alineadas y editadas utilizando el algoritmo ClustalW. A partir del alineamiento se elaboró un cladograma con el método de construcción UPGMA y un análisis de Bootstrap con 1,000 réplicas utilizando una licencia vigente del software CLC Main Workbench 24.0.2.

Resultados y discusión

El aislamiento purificado formó una colonia con un diámetro de 8 cm a los 7 días de incubación a 28 °C en PDA, abarcando la totalidad del medio, con micelio algodonoso, hialino y producción de pigmento violeta en el reverso de la colonia. Microscópicamente, a partir de las 4 semanas de cultivo, se observó abundante producción de microconidias ovaladas-elípticas, rectas, mayormente unicelulares, en falsas cabezas sobre monofiálides cortas, así como de clamidosporas intercalares y terminales (Figura 1), características que concuerdan con lo reportado por Maryani *et al*. (2019) para *Fusarium oxysporum*, que presenta una diversidad morfológica colonial. La cepa fue designada con la clave FocR1Nay01 y se determinó que

corresponde a la raza 1 de Foc basados en pruebas de patogenicidad realizadas con plantas de plátano Manzano y Cavendish (datos no mostrados), resultando positivo la patogenicidad a plátano Manzano y negativa a Enano Gigante. El hongo fue reaislado solamente de plátano Manzano.

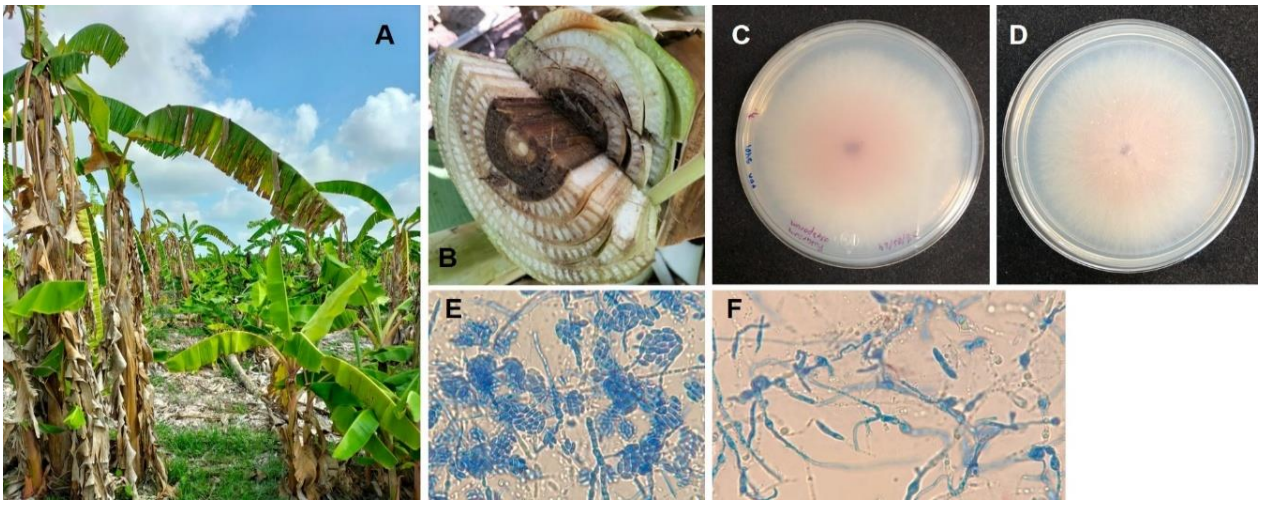


Figura 1. Aislamiento y caracterización morfológica de Foc raza 1 de plantas de plátano "Manzano". A) Plantas de plátano "Manzano" con síntomas de marchitez por *Fusarium*. B) Colonización de los haces vasculares por Foc en el pseudotallo. C) y D) Anverso y reverso de cepa purificada de Foc. E) y F) Estructuras de clamidosporas y macroconidias de Foc.

El DNA extraído tuvo una concentración de 400 ng/µL con valores de pureza de 2 y 1.7 para las relaciones de absorbancia de 260/280 y 260/230, respectivamente. Los productos de PCR presentaron bandas únicas y fueron secuenciadas. El análisis BLAST en la base de datos de NCBI del aislamiento mexicano denominado FocR1Nay01 (NCBI: PQ787221) coincidió con secuencias de regiones ITS de Foc obtenidas a partir de diversas variedades de plátano procedentes de la India, Sri Lanka y Pakistán, con las cuales comparte entre 90.84 a 99.82% de identidad.

Se seleccionaron 25 secuencias con los mayores porcentajes de identidad (98.59-100%) para la construcción del cladograma, revelando dos grupos principales que agrupan diversas cepas de Foc procedentes de suelo, cormo y rizoma de plantas de plátano de distintas variedades. El grupo 1 está conformado principalmente por aislamientos de Pakistán, mientras que el grupo 2 incluye aislamientos de Foc principalmente de India y Sri Lanka. El aislamiento de México se ubicó en el grupo 2, y su análisis filogenético sugiere un probable origen a partir de cepas de Foc de estos países asiáticos.

Estos datos indican que la región ITS está altamente conservada en Foc. Por lo tanto, es recomendable secuenciar y realizar análisis filogenéticos con otras regiones como TEF-1α, IGS y β-tubulina (Dita *et al*., 2010). Recientemente la amplificación por PCR del gen TEF1-α produjo fragmentos de ~690 pb en 46 aislados de Foc. A partir de estos datos se generó un árbol filogenético cuyo análisis evidenció dos clados principales denominados A y B. El clado A contiene todos los aislados Foc R1, y al clado B corresponden todos los aislados Foc R4, que incluyen los aislados TR4 y STR4 (Thangavelu *et al*., 2024). Aunque este estudio solo determina el origen geográfico del aislamiento mexicano, la mayoría de las investigaciones actuales se enfocan en identificar las agrupaciones de cepas de Foc basadas en los diferentes genes asociados a las distintas razas que pertenecen.

Conclusiones

Se logró aislar y caracterizar morfológicamente una cepa de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raza 1 (Foc R1) obtenida de plátano "Manzano" en el estado de Nayarit, México. El análisis filogenético mediante secuencias ITS confirma el origen asiático de la cepa de Foc mexicana, probablemente relacionado con aislamientos de India, Sri Lanka y Pakistán. Sin embargo, la región ITS del genoma de Foc está altamente conservada, por lo que es recomendable complementar los estudios con otros marcadores (TEF-1α, IGS y β-tubulina) para un análisis filogenético más robusto. La presencia de Foc raza 1 en México, aunado al potencial ingreso de la raza 4, subraya la importancia de realizar monitoreos constantes y desarrollar estrategias de control biorracional para estar preparados ante su posible ingreso al país.

Agradecimientos
A los estudiantes del Instituto Tecnológico de Colima y de la Universidad de Colima que han participado activamente dentro del proyecto de investigación a través de actividades de servicio social, prácticas y residencias profesionales.

Fuente financiadora
Los datos fueron generados con el proyecto titulado “Estudio exploratorio de productos biorracionales para el manejo sostenible de marchitez por *Fusarium* y sigatoka negra en el cultivo de plátano en el occidente de México” financiado con recursos fiscales del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Dita, M. A., Waalwijk, C., Buddenhagen, I. W., Souza Jr, M. T., & Kema, G. H. J. (2010). A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana fusarium wilt pathogen. Plant Pathology, 59(2), 348-357. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02221.x

Fourie, G., Steenkamp, E. T., Ploetz, R. C., Gordon, T. R., & Viljoen, A. (2011). Current status of the taxonomic position of *Fusarium oxysporum formae specialis cubense* within the *Fusarium oxysporum* complex. Infection, Genetics and Evolution: Journal of Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases, 11(3), 533-542. https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.01.012

Martínez, G., Olivares, B. O., Rey, J. C., Rojas, J., Cardenas, J., Muentes, C., & Dawson, C. (2023). The Advance of Fusarium Wilt Tropical Race 4 in Musaceae of Latin America and the Caribbean: Current Situation. Pathogens, 12(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/pathogens12020277

Maryani, N., Lombard, L., Poerba, Y. S., Subandiyah, S., Crous, P. W., & Kema, G. H. J. (2019). Phylogeny and genetic diversity of the banana *Fusarium* wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. Studies in Mycology, 92, 155-194. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.06.003

Thangavelu, R., Amaresh, H., Gopi, M., Loganathan, M., Nithya, B., Ganga Devi, P., Anuradha, C., Thirugnanavel, A., Patil, K. B., Blomme, G., & Selvarajan, R. (2024). Geographical distribution, host range and genetic diversity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* causing *Fusarium* wilt of banana in India. Journal of Fungi, 10(12), Article 12. https://doi.org/10.3390/jof10120887

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Trichoderma harzianum* Y *Bacillus siamensis* EN MEDIOS DE CULTIVO CON NANOPARTÍCULAS DE HIDROXIAPATITA

Estrella Karina Hernández-Vázquez[1], Erika Padilla-Ortega[2], María de la Luz Guerrero-González[1], Catarina Loredo-Osti[1], José Miguel Guzmán-Palomino[3], Pablo Delgado-Sánchez[1]*

[1]Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. [2]Centro de investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, SLP., 78210, México. [3]Universidad de Almería. Almería, España.
*Autor para correspondencia: pablo.delgado@uaslp.mx

Palabras clave: Biofertilizantes, Bioinsumos, Sustentabilidad.

Introducción

Trichoderma harzianum es un hongo filamentoso que ha destacado por su mecanismo de micoparasitismo contra patógenos de plantas, colonizar rapidamente los espacios donde se establece y por la producción de metabolitos secundarios promotores de crecimiento vegetal y antifúngicos. *Bacillus siamensis* es una bacteria promotora de crecimiento vegetal con gran potencial biotecnológico, además también posee la capacidad de producir metabolitos secundarios que sirven a las plantas para protegerse de fitopatógenos. Para el estudio de microorganismos en laboratorio se emplean distintos medios de cultivo, estos proveen a los microorganismos los nutrientes necesarios para su crecimiento y supervivencia (Bonnet *et al*., 2020). La selección de un medio de cultivo dependerá del objetivo de cada investigación, para poder considerar cada medio de cultivo se debe de tener en cuenta la fuente de carbono, fuente de nutrientes como nitrógeno, fosforo, potasio, magnesio, azufre, calcio entre otros, requerimiento de vitaminas y condiciones de incubación como el pH, oxigeno disponible y la cantidad de sales. Los factores fisicoquímicos que llegan a afectar el crecimiento y mantenimiento de los microorganismos en el laboratorio son: la temperatura, humedad y luz.

El medio empleado convencionalmente para el crecimiento de *Bacillus siamensis* es el medio LB debido a que provee un ambiente nutritivo ideal para bacterias. Para el caso de *Trichoderma harzianum* el medio más empleado para su crecimiento es PDA, debido a que posee altas cantidades de carbohidratos de fácil aprovechamiento favoreciendo su rapido crecimiento y la formación de esporas.

Para realizar evaluaciones de caracterización de los microorganismos en laboratorio como lo es la evaluación de solubilización de fosforo (P), se han empleado medios de cultivo como Pikovskaya (PKV) y Medio de Fosfato del Instituto Nacional de Investigación Botánica (NBRIP) empleando como fuente de P fosfato tricálcico ($Ca_3(PO_4)_2$), sin embargo, no se ha evaluado el crecimiento y la respuesta que presentan los microorganismos ante materiales de escala nanométrica, como lo son las nanopartículas de hidroxiapatita (nHAP).

El objetivo de esta investigación fue evaluar por primera vez el impacto que tienen las nanopartículas de nHAP en el crecimiento de *B. siamensis* y *T. harzianum* con el fin de determinar su biocompatibilidad y potencial efecto estimulante o inhibidor.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP. Se emplearon cepas identificadas molecularmente y registradas de *B. siamensis* (BQ23) y *T. harzianum* (T2). Se evaluaron los medios de cultivo en sólido y líquido, Luria-Bertani (LB), Medio Semisólido Libre de Nitrógeno (NBF), Caldo Nutritivo CN, Caldo Nutritivo con Triptófano (CN+TRIP), Medio Pikovskaya (PKV), Medio Pikovskaya con nanopartículas de hidroxiapatita (PKV + nHAP), Medio de Fosfato del Instituto Nacional de Investigación Botánica (NBRIP), Medio de Fosfato del Instituto Nacional de Investigación Botánica con nanopartículas de hidroxiapatita (NBRIP + nHAP) para *B. siamensis.* Para *T. harzianum* se emplearon los medios Papa Dextrosa (PD), Medio Semisólido Libre de Nitrógeno (NBF), Caldo Nutritivo (CN), Caldo Nutritivo con Triptófano (CN+TRIP), Pikovskaya (PKV), Pikovskaya con nanopartículas de hidroxiapatita (PKV + nHAP), Medio de Fosfato del Instituto Nacional de Investigación Botánica (NBRIP) y Medio de Fosfato del Instituto Nacional de Investigación Botánica con nanopartículas de hidroxiapatita (NBRIP + nHAP). Se prepararon los medios de cultivo líquidos en tubos Falcón de 15 ml, donde se colocó un volumen de 5ml con tres repeticiones de cada medio. Se tomaron los datos de pH y se

contabilizaron las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en una cámara de Neubauer a las 24, 48, 72 y 96 h. Los tubos Falcón se inocularon con 1ml de la cepa a una concentración de 10^8 para el caso de *B. siamensis* y 10^6 para *T. harzianum*. Posteriormente los tubos se colocaron en una incubadora con agitación constante de 150 rpm en obscuridad a una temperatura de 26 ± 2°C durante el tiempo mencionado anteriormente. Para los medios solidos se colocaron caja Petri, se realizó la evaluación de crecimiento radial para *T. harzianum* en medios de cultivo sólidos (PDA, NBF, AN, AN + TRIP, PKV, PKV + nHAP y NBRIP) y para *B. siamensis* se tomaron fotografías en microscopio para evaluar su existía algún cambio en su morfología, se establecieron tres repeticiones por cada medio de cultivo y posteriormente fueron incubados en obscuridad durante 120 h a una temperatura de 26 ± 3°C. Para la estimación estadística se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor para evaluar el efecto de los medios de cultivo líquidos sobre el pH, OD_{600} y UFC con respecto al tiempo 24, 48, 72 y 92 h de *B. siamensis* y *T. harzianum*. En los casos en que se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), se empleó la prueba de comparación múltiple de Duncan para la separación de medias. Los análisis se realizaron con el software STATISTICA 7.0 para la elaboración de gráficos y InfoStat para la corroboración de dicha prueba. Para la evaluación del crecimiento radial de *T. harzianum* en los medios solidos se realizó una tabla acumulativa y se comparó el crecimiento con respecto al tiempo.

Resultados y discusión

En las pruebas realizadas se encontró que el crecimiento por parte de la bacteria *B. siamensis* esta influenciado por el medio de cultivo en el cual se encuentra, a las 24 h se contabilizó una mayor cantidad de UFC en los medios que contenía fosforo (PKV, NBRIP y PKV + nHAP y NBRIP + nHAP) con $4X10^6$ seguido de CN + triptófano ($2.9X10^6$), CN ($2.7\ X10^6$), NBF ($2.1\ X10^6$) y por ultimo el medio LB ($1.4\ X10^6$) (Figura 1A). Mohamed y colaboradores (2014) reportan que la adición de fosfato tricálcico en composta aumentó la biomasa microbiana. Posteriormente, a las 72 h los medios de contenían fosforo presentaron diferencias significativas entre el resto de los medios con $3.5\ X10^6 – 5.8\ X10^6$ UFC, en comparación con el medio LB, que presento una disminución de la biomasa bacteriana significativa de $9\ X10^5$ UFC. Los medios de caldo nutritivo y caldo nutritivo con triptófano presentaron la menor contabilización con $7.6\ X10^5$ y $6.6\ X10^5$ UFC respectivamente, la disminución del crecimiento bacteriano puede propiciarse por diversos factores como el cambio de pH, la producción de metabolitos tóxicos o por el agotamiento de los nutrientes. En diversos estudios se han reportado que el crecimiento en LB suele ser más largo que en caldo nutritivo presentando una fase latente más corta (Betton, 1969). En la evaluación morfológica de *B. siamensis* en los medios sólidos, se logró observar un estrés por parte de las colonias, presentando una aglomeración en el medio NBRIP + nHAP (Figura 1B), esto puede deberse debido al cambio de las condiciones químicas del medio como lo fue la disminución del pH.

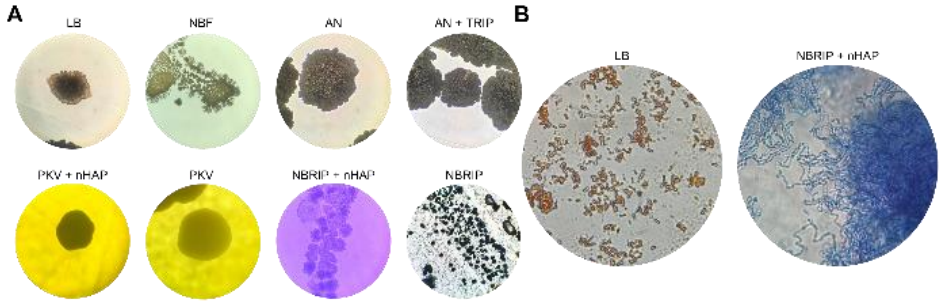


Figura 1. A) Crecimiento de *B. siamensis* en los diferentes medios de cultivo sólido y B) Foto microscópica de *B. siamensis* en medio LB y NBRIP + nHAP presentando un comportamiento de “rosario”.

El pH del medio de cultivo tendrá influencia por su composición química, la cual determina su carácter ácido o básico. Para el caso del medio LB, se ha reportado que el pH está en un intervalo de 6.8 – 7.5 aproximadamente después de ser esterilizado, durante la evaluación con *B. siamensis* se obtuvo un pH de 6.6 a las 24 h con un ligero incremento a 7.1 a las 92 h, el medio NBF han reportado estar en un intervalo de 6.5-8.5, durante la evaluación se mantuvo entre 7.0-7.1. Para el medio de CN reportan un pH 6.8 ± 0.2, durante la evaluación se obtuvo un pH de 6.9 - 7.3 a los 92 h. Estos medios de cultivo se encuentran entre un pH neutro a un pH acido débil, en comparación con los medios formulados con fosfato donde se ha reportado desde un pH neutro (7.0) hasta ácido (5.4 – 4.6). A las 24 h de cultivo de *B. siamensis* se obtuvo

un pH descendente PKV > PKV+nHAP > NBRIP > NBRIP + nHAP (5.5, 5.2. 4.4. 4.0, respectivamente) la acidificación presente en los medios de fosforo puede deberse a la producción de ácidos orgánicos por parte de *B. siamensis* para efectuar la solubilización de P (Mohamed *et al*., 2024), conforme fue pasando el tiempo de incubación, los medios se acidificaron a las 96 h pH PKV > PKV+nHAP > NBRIP > NBRIP + nHAP (5.4, 5.1, 4.5, 3.6, respectivamente). Los hongos filamentosos pueden crecer en caldos o en medios sólidos, el crecimiento en cada uno será distinto y la selección de las condiciones de crecimiento e incubación influirá en la morfología que presente. Para la especie de *T. harzianum* en la evaluación de su crecimiento radial de los medios solidos se obtuvo un mayor crecimiento en el medio PDA (46.67 mm) > NBF (41.33 mm) > NBRIP (39.67 mm) > AN + TRIP (38.67 mm) > PKV (38.00 mm) > PKV + nHAP (33.67 mm) > AN (31.33 mm) (Figura 2.).

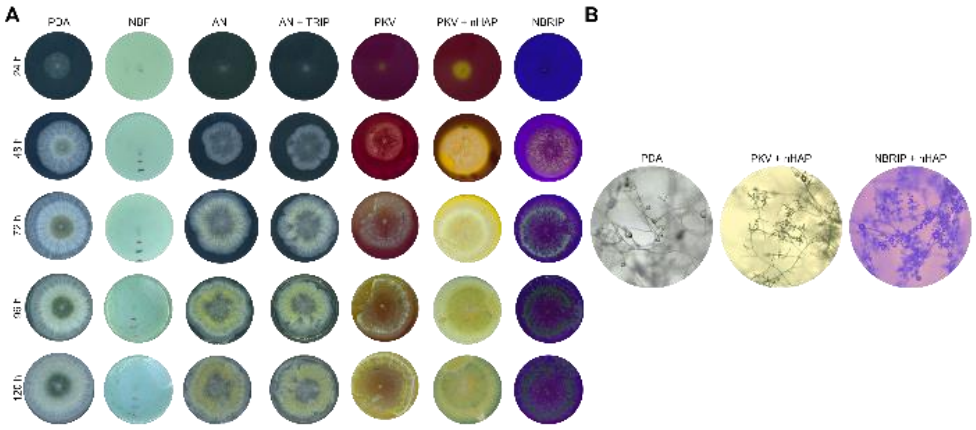


Figura 2. A) Crecimiento radial de *T. harzianum* en los diferentes medios de cultivo con respecto al tiempo 24, 48, 72, 96 y 120 h. y B) Esporulación de *T. harzianum* en medio PDA y medios formulados con nanopartículas de HAP.

Conclusiones

La selección de un medio de cultivo es un aspecto fundamental en estudios microbiológicos de laboratorio, ya que el comportamiento de crecimiento y la actividad metabólica de los microorganismos estarán influenciados por la composición del medio en donde se desarrollen. Este estudio representa el primer reporte en el que se evalúa el crecimiento de *Trichoderma harzianum* y *Bacillus siamensis* en medios de cultivo adicionados con nanopartículas de HAP, lo que sugiere su potencial aplicación en entornos con pH bajos y tecnologías basadas en nanomateriales.

Agradecimientos

Agradecimiento a SECIHTI por el apoyo brindado a través de la beca otorgada con CVU 930646, la cual ha sido fundamental para el desarrollo de mis estudios y formación académica.

Fuente financiadora

Proyectos de Ciencia Básica y de Frontera, Laboratorio de Procesos Avanzados De Oxidación y Arcillas Naturales y Laboratorio de Biotecnología.

Referencias Bibliográficas

Betton, H. B. (1969). Growth Patterns in *Bacillus stearothermophilus*. Journal of the Arkansas Academy of Science, 23(1), 131-135.

Bonnet, M., Lagier, J. C., Raoult, D., & Khelaifia, S. (2020). Bacterial culture through selective and non-selective conditions: the evolution of culture media in clinical microbiology. New microbes and new infections, 34.

Mohamed, T. A., Wei, Z., Mohaseb, M., Junqiu, W., El Maghraby, T., Chen, X., ... & Zhao, Y. (2024). Performance of microbial inoculation and tricalcium phosphate on nitrogen retention and conversion: core microorganisms and enzyme activity during kitchen waste composting. Journal of Environmental Management, 356.

MULTIPLICACIÓN *in vitro* DE FRESA (*Fragaria* sp.) MEDIANTE EL USO DE META-TOPOLINA CON FINES DE CONSERVACIÓN

Marco Antonio Ramírez-Mosqueda[1]*, Esmeralda Judith Cruz-Gutiérrez[1], Jorge David Cadena-Zamudio[1], Alma Armenta-Medina[1], Carlos Alberto Cruz-Cruz[2]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP; [2]Facultad de Ciencias Químicas, UV.
*Autor para correspondencia: ramirez.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Proliferación de brotes, propágulos comerciales, aclimatización.

Introducción

La propagación de fresa (*Fragaria* sp.) se realiza de manera asexual a través de esquejes y mediante la germinación de semillas. Sin embargo, la primera técnica no satisface la demanda de propágulos para el establecimiento de huertas comerciales (Dhukate *et al*., 2021). Mientras que, la germinación de semillas es baja y propicia la aparición de segregación genética. Por tal motivo, es necesario implementar estrategias que permitan el aumento en la propagación de este cultivo (Valliath y Mondal, 2023). El cultivo de tejidos vegetales ha sido implementado en esta especie vegetal, generando lo que conocemos como micropropagación. Sin embargo, para tener éxito en este proceso se debe realizar la adecuada elección del tipo y concentración de regulador del crecimiento vegetal (RCV). La metatopolina (mT, 6-(3-hidroxibencilamino) purina) es una citocinina sintética que induce diferentes rutas de regeneración morfogenética en las plantas cultivadas *in vitro* (Gantait y Mitra, 2021). En el establecimiento de técnicas conservación *ex situ* como la conservación i*n vitro* y crioconservación requieren de un gran numero de material vegetal. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de le mT en la multiplicación *in vitro* de fresa (*Fragaria* sp.). Todo con la finalidad futura de obtener material vegetal para su conservación *in vitro*.

Material y métodos

Material vegetal: plantas *in vitro* de fresa (*Fragaria* sp.) previamente establecidas a partir de meristemos apicales en el Centro Nacional de Recursos Genéticos fueron utilizadas como fuente de explantes.
Efecto de la meta-topolina en la propagación in vitro: brotes individuales de 1 cm de longitud de fresa (*Fragaria* sp.) se transfirieron a medio MS (Murashige y Skoog) adicionado con 30 g L^{-1} de sacarosa y se evaluaron diferentes concentraciones de metatopolina (mT: 0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg L^{-1}) y 6-bencilaminopurina (BAP: 0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg L^{-1}). El pH de los medios de cultivo fue ajustado a 5.8 ± 0.1 y 7 g L^{-1} de Agar fue agregado como agente gelificante. Posteriormente se dosificaron 35 mL de medio de cultivo en frascos de vidrio de 250 mL de capacidad. Los medios de cultivo fueron esterilizados en una autoclave a 1.5 kg cm-2 y 121 °C por 15 minutos. Las plantas fueron mantenidas a 24 ± 2 °C en un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad, con una irradiación lumínica de 50 µmol m^{-2} s^{-1}. Al cabo de 45 días de cultivo se evaluó el número de brotes por explante, longitud de los brotes, número de hojas, número y longitud de raíces.
Aclimatización: brotes de 3 cm de longitud con un adecuado desarrollo radicular, fueron transferidas a domos de plástico 24 × 16 × 7 cm conteniendo un sustrato estéril de peat moss y agrolita (1:1 v/v). Las plantas se mantuvieron en condiciones de invernadero (sombra 50 %, temperatura de 30 ºC ± 5 °C, humedad relativa 90 ± 5 %, la primera semana, 80 ± 5 % la segunda semana y 65 ± 5 % la tercera semana). Al cabo de 30 días se evaluó el porcentaje de supervivencia.
Análisis estadísticos: todos los experimentos se realizaron por duplicado llevando a cabo un diseño completamente al azar por duplicado. Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente con el software IBM SPSS Statistics (versión 21). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$) para probar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Efecto de la meta-topolina en la propagación in vitro: al cabo de 45 días de cultivo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (Cuadro 1). De manera general, se observó que la mT generó un mayor número de brotes en comparación con BAP (Figura 1). Se obtuvieron 4.72 brotes por explante en el medio de cultivo que contuvo 1.0 mg L^{-1} de mT, seguido de 3.50 brotes en 1.5 mg L^{-1} de mT, 3.17 brotes en 1.0 mg L^{-1} de BAP. El menor número de brotes por explante (1.20) se obtuvo en tratamiento testigo (0 mg L^{-1} de BAP o mT). En cuanto a la longitud de los brotes, 1.5 mg L^{-1} de mT generó brotes de

3.41 cm; seguido de 2.59 cm obtenidos en el tratamiento testigo y 1.68 cm en 1.0 mg L^{-1} de mT. La menor longitud de los brotes se observó en 1.0 y 1.5 mg L^{-1} de BAP con 0.83 y 0.85 cm, respectivamente. El mayor número de hojas (5.10) se observó en el tratamiento testigo, mientras que el menor 1.87 en 1.5 mg L^{-1} de mT. Los brotes de fresa generaron raíces durante la etapa de multiplicación. Sin embargo, el mayor número (5.40) de raíces se observó en el tratamiento testigo. El tratamiento con 1.5 mg L^{-1} de mT no generó raíces. Se obtuvieron raíces con 1.08 cm de longitud en el tratamiento testigo, mientras que en los demás tratamientos la longitud de las raíces fue menos.

Cuadro 1**.** Efecto de la 6-Bencilaminopurina y la Metatopolina en la proliferación de brotes de fresa (*Fragaria* sp.) al cabo de 45 días de cultivo.

Tratamiento (mg L^{-1})	Número de brotes	Longitud de brotes (cm)	Número de hojas	Número de raíces	Longitud de las raíces (cm)
0 BAP/mT	1.20 ± 0.37d	2.59 ± 0.75ab	5.10 ± 0.09a	5.40 ± 0.63a	1.08 ± 0.29a
0.5 BAP	2.75 ± 0.33bc	1.27 ± 0.15c	2.02 ± 0.11c	0.60 ± 0.19bc	0.23 ± 0.08bc
1.0 BAP	3.17 ± 0.32bc	0.83 ± 0.09c	2.05 ± 0.10c	0.89 ± 0.26bc	0.33 ± 0.08bc
1.5 BAP	1.83 ± 0.30cd	0.85 ± 0.09c	2.16 ± 0.11c	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00c
0.5 mT	2.41 ± 0.39bc	1.23 ± 0.22c	3.67 ± 0.08b	1.50 ± 0.45b	0.36 ± 0.11b
1.0 mT	4.72 ± 0.22a	1.68 ± 0.30bc	2.79 ± 0.13bc	0.54 ± 0.31bc	0.13 ± 0.08bc
1.5 mT	3.50 ± 0.26ab	3.41 ± 0.27a	1.87 ± 0.09c	0.00 ± 0.00c	0.00 ± 0.00c

Se representa la media ± error estándar. Letras diferentes expresan diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

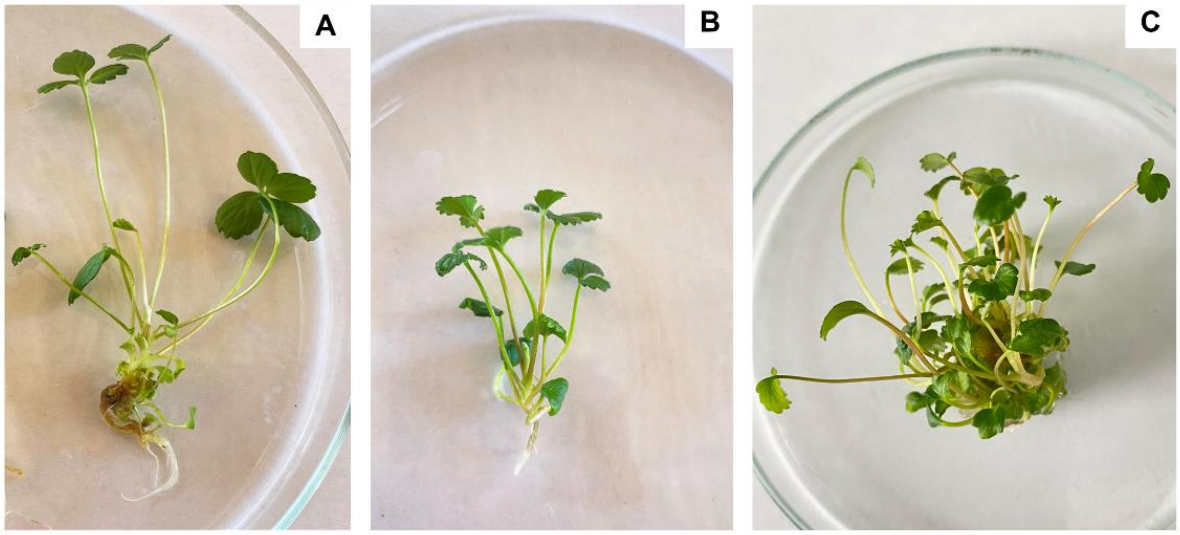


Figura 1. Micropropagación de fresa con meta-Topolina. A) Tiramiento sin BAP o mT, B) Tratamiento con 1 mg L^{-1} de BAP, c) Tratamiento con 1 mgL^{-1} de mT.

Aclimatización: las plantas de fresa (*Fragaria* sp.) sometidas al proceso de aclimatización, después de 30 días de cultivo presentaron un 85 % de supervivencia. Las plantas fueron trasferidas a bolsas plásticas.
En este estudio, se corroboró un aumento en la proliferación de brotes *in vitro* de fresa (*Fragaria* sp.) con el uso de metropolita. La metatopolina es una citocinina ampliamente utilizado en la propagación *in vitro* de plantas, siendo los principales criterios de su eficiencia, una alta tasa de multiplicación, vigorosidad de los brotes, enraizamiento optimo y aumento en la capacidad de aclimatación (Zaytseva *et al*., 2021). La 6-bencilaminopurina es la citocinina más recurrentemente utilizada en el cultivo de tejidos vegetales, debido a que la mayoría de especies vegetales responde positivamente a este RCV (Krishna *et al*., 2021). Sin embargo, en nuestro estudio con la adición de mT se obtuvo una mayor respuesta (número de brotes por explante) a diferencia de cuando se utilizó BAP. La aclimatización es una de los procesos más complidos que componen el proceso de micropropagación. En él, se debe llevar a cabo un proceso de adaptación

gradual de las plantas *in vitro* a condiciones *ex vitro*, para garantizar altos porcentajes de supervivencia. En este estudio se observó un 85 % de supervivencia de las plantas de fresa (*Fragaria* sp.) obtenidas por cultivo de tejidos vegetales.

Conclusiones

Se logró obtener un mayor número de brotes por explante con el uso de mT en relación al uso de BAP. La concentración de 1.0 mg L^{-1} de mT generó el mayor nuero de brotes por explante, sin embargo, cuando se utilizó 1.5 mg L^{-1} se logró obtener la mayor longitud de los brotes. Se observó un 85 % de plantas que sobrevivieron al proceso gradual de aclimatización. Estos resultados contribuirán al aumento en la propagación de fresa (*Fragaria* sp.), con la finalidad de obtener material vegetal para futuros ensayos de conservación inn vitro y crioconservación que se realizan en el CRNG, así como la obtención de propágulos para el establecimiento de plantaciones comerciales.

Referencias bibliográficas

Dhukate, M. R., Kher, M. M., Vadawale, A. V., & Giri, P. (2021). Protocol for micropropagation of strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) cv.'Sweet Charlie'and 'Winter Dawn'. *Environmental and Experimental Biology*, *19*(1), 1-6.

Gantait, S., & Mitra, M. (2021). Role of meta-topolin on *in vitro* shoot regeneration: an insight. In *Meta-topolin: a growth regulator for plant biotechnology and agriculture* (pp. 143-168). Singapore: Springer Singapore.

Krishna Vrundha, C.P., Aswathi, N.V., Thomas, T.D. (2021). The Role of *Meta*-topolin in Plant Morphogenesis In Vitro. In: Ahmad, N., Strnad, M. (eds) Meta-topolin: A Growth Regulator for Plant Biotechnology and Agriculture. Springer, Singapore.

Valliath, A. S., & Mondal, R. (2023). Micropropagation of Strawberry Crop (*Fragaria ananassa*): A Review. *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*, *38*(1), 41-44.

Zaytseva, Y.G., Ambros, E.V., Novikova, T.I. (2021). *Meta*-topolin: Advantages and Disadvantages for In Vitro Propagation. In: Ahmad, N., Strnad, M. (eds) Meta-topolin: A Growth Regulator for Plant Biotechnology and Agriculture. Springer, Singapore.

BASES BIOTECNOLÓGICAS PARA EL ESTABLECIMIENTO *in vitro* DE AGUACATE (*Persea americana* Mill.)

Marco Antonio Ramírez-Mosqueda[1*], José Luis Aguirre-Noyola[1], Jorge David Cadena-Zamudio[1], Alma Armenta-Medina[1], Esmeralda Judith Cruz-Gutiérrez[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP.
*Autor para correspondencia: ramirez.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Proliferación de yemas, micropropagación, antioxidantes, callogénesis.

Introducción

México ocupa el primer lugar mundial en producción y exportación de aguacate (*Persea americana* Mill.), con una cifra aproximada de 2.7 millones de toneladas producidas en 2023 (SIAP, 2023). La propagación comercial del aguacate se realiza tradicionalmente mediante el injerto de púas sobre portainjertos obtenidos a partir de semillas. Sin embargo, esta técnica presenta limitaciones significativas en la obtención de portainjertos, debido a que el aguacate es una especie alógama y altamente heterocigótica, lo que se traduce en una elevada variabilidad genética entre la progenie. En este contexto, la propagación clonal mediante el cultivo de tejidos vegetales (CTV) representa una alternativa prometedora, ya que permite la producción masiva de plantas genéticamente uniformes, libres de patógenos y con características agronómicas estables. Entre los principales obstáculos en la propagación *in vitro* de aguacate, se encuentra la oxidación fenólica, conocida como fenolización, un proceso en el que los compuestos fenólicos liberados por los tejidos al ser seccionados se oxidan provocando el oscurecimiento y necrosis de los explantes (Permadi *et al*., 2024). Asimismo, la contaminación microbiana, tanto por microorganismos exógenos como endófitos, representa una barrera crítica para el establecimiento del cultivo *in vitro*. Para mitigar estos problemas, se ha propuesto diferentes métodos de desinfección del tejido, así como el uso de antioxidantes.

Objetivo

El objetivo fue desarrollar un protocolo de establecimiento *in vitro* de aguacate (*P. americana* Mill.) empleando diferentes tipos de explantes, agentes antioxidantes y reguladores de crecimiento.

Materiales y métodos

Material vegetal: yemas axilares y hojas de plantas de aguacate (*P. americana* Mill.) variedad Hass provenientes de semillas, que fueron germinados en sustrato estéril (vermiculita) y regados con agua purificada. Cuatro semanas después de la germinación fueron utilizados como explantes para los experimentos de micropropagación en el Centro Nacional del Recursos Genéticos, INIFAP (Jalisco, México).

Desinfección del tejido vegetal: los explantes (yemas y hojas) fueron lavados con detergente comercial y agua destilada. Se opto por no utilizar un enjuague con bactericida y fungicida con la finalidad de no dañar el tejido vegetal y reducir la fenolización. En la campana de flujo laminar, se sumergieron en etanol (96 % v/v) por 1 min, hipoclorito de sodio comercial (Cloralex®) (10 % v/v) por 10 min, hipoclorito de sodio comercial (5% v/v) por 5 min, seguido de un enjuague con agua destilada, un enjuague en tiosulfato de sodio (1.8 mg L^{-1}) por 5 min, y finalmente 2 enjuagues con agua destilada.

Proliferación de yemas y evaluación de agentes antioxidantes: yemas axilares fueron transferidas a medio WPM (Woody Plant Medium) adicionado con 30 g L-1 de sacarosa, 2 mg L-1 de BAP (6-benzilaminopurina). Se evaluó el efecto antioxidante de 100 mg L−1 de AgNPs y 500 mg L−1 de PVP. El pH fue ajustado a 5.8 ± 0.1 y 2.5 g L−1 de PhytagelTM fueron agregados como agente gelificante. Se dosificaron 15 mL de medio de cultivo en tubos de ensayo. Los medios de cultivo fueron esterilizados en una autoclave a 1.5 kg cm-2 y 121 °C por 15 minutos. Los cultivos fueron mantenidos a 24 ± 2 °C en oscuridad por 5 días. Posteriormente, en un fotoperiodo de 16 h luz y 8 oscuridad con una iluminación artificial LED (50 µmol m-2 s-1). Al cabo de 21 días de cultivo se evaluó, el por el porcentaje de contaminación, de fenolización de la base, de oxidación del tejido y de respuesta.

*Inducción de callos a partir de hojas: s*egmento de hoja de 1 x 1 cm (que contuvieran una porción de la vena central) fueron transferidos a medio a medio WPM adicionado con 30 g L^{-1} de sacarosa y 100 mg L^{-1} de ácido ascorbico (AA) como agente antioxidante. Se evaluaron diferentes concentraciones de TDZ (0,

0.5, 1 o 1.5 mg L^{-1}) y 2,4-D (0, 1, 2 o 3 mg L^{-1}) como regulador de crecimiento. El pH fue ajustado a 5.8 ± 0.1 y 2.5 g L^{-1} de Phytagel™ fueron agregados como agente gelificante. Se dosificaron 15 mL de medio de cultivo en tubos de ensayo. Los medios de cultivo fueron esterilizados en una autoclave a 1.5 kg cm-2 y 121 °C por 15 minutos. Los cultivos fueron mantenidos a 24 ± 2 °C en oscuridad. Al cabo de 21 días de cultivo, se evaluó el porcentaje de contaminación, fenolización y el de respuesta (formación de callo).

Resultados y discusión

Desinfección del tejido vegetal: el proceso de desinfección fue efectivo al no presentarse contaminación. Además, se observó que los tejidos no presentaron daño (Figura 1 y 2).

Proliferación de yemas y evaluación de agentes antioxidantes: el uso AgNPs y PVP durante el establecimiento in vitro de aguacate evitó la presencia de fenolización de los tejidos (Figura 1). Sin embargo, se presentó 60 % oxidación del tejido con AgNPs y 40 % cuando se utilizó PVP (Figura 1A). Se observó un 80 % de respuesta de las yemas axilares con AgNPs y 60 % con PVP. Sin embargo, el desarrollo de las yemas con PVP es mayor que en AgNPs (Figura 1B).

Cuadro 1. Evaluación de antioxidantes en el establecimiento del cultivo de aguacate.

Tratamiento (antioxidante)	Contaminación (%)	Fenolización de la base (%)	Oxidación del tejido (%)	Respuesta (%)
100 mg L^{-1} AgNPs	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	60.00 ± 4.22	80.00 ± 4.11
500 mg L^{-1} PVP	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	40.00 ± 6.18	60.00 ± 7.40

Los valores representan la media ± error estándar.

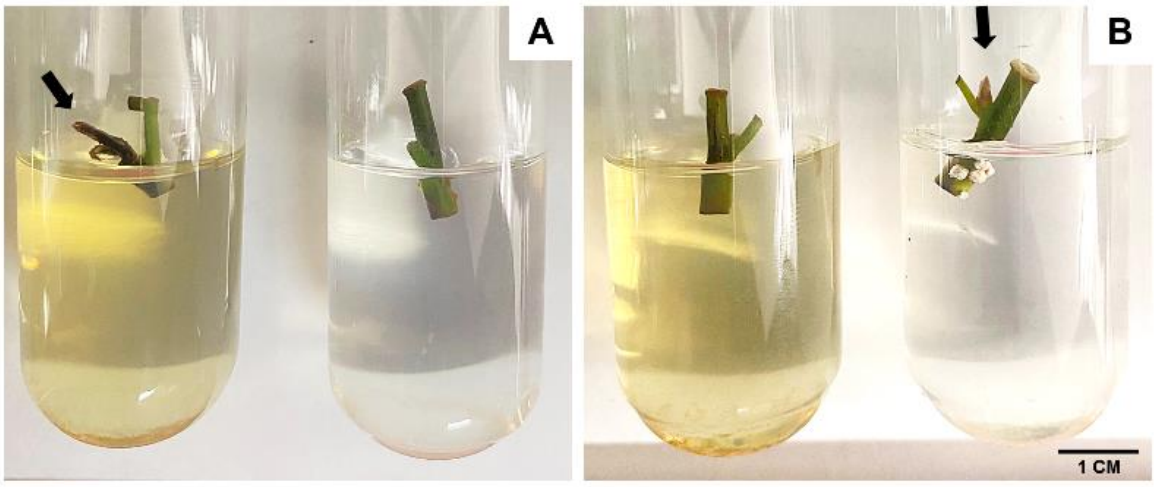


Figura 1. Establecimiento *in vitro* de yemas de aguacate con agentes antioxidantes. A) Izquierda-derecha 100 mg L^{-1} de AgNPs y 500 mg L^{-1} de PVP, respectivamente, B) Izquierda-derecha 100 mg L^{-1} de AgNPs y 500 mg L^{-1} de PVP, respectivamente.

Las AgNPs atrapan radicales libres, lo cual ayuda a reducir el estrés oxidativo en los tejidos vegetales mientras que el PVP actúa como agente quelante y secuestrador de fenoles oxidados, evitando su acumulación y posterior toxicidad (Kumar *et al*., 2023).

Inducción de callos a partir de hojas: al cabo de 21 días de cultivo no se observó contaminación ni fenolización de los tejidos. Se observo un 80 % de formación de callo en 1 mg L^{-1} de TDZ y 20 % en 1.5 mg L^{-1} de TDZ. En el tratamiento testigo no se observó la formación de callos (Figura 2).

Aunque ambos reguladores de crecimiento son capaces de inducir la formación de callo, el 2,4-D promueve principalmente la desdiferenciación celular y la proliferación desorganizada de tejidos, mientras que el TDZ estimula la división celular y puede influir en la redistribución de hormonas dentro del explante (Liu *et al*., 2024).

Cuadro 2. Efecto de TDZ y el 2,4-D en la callogénesis de aguacate (*P. americana*) al cabo de 21 días de cultivo.

Tratamiento (mg L^{-1})	Contaminación (%)	Fenolización de la base (%)	Respuesta (%)
0 TDZ/2,4-D	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
0.5 TDZ	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
1.0 TDZ	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	80.00 ± 5.60
1.5 TDZ	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	20.00 ± 4.35
1.0 2,4-D	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
2.0 2,4-D	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
3.0 2,4-D	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00

Los valores representan la media ± error estándar

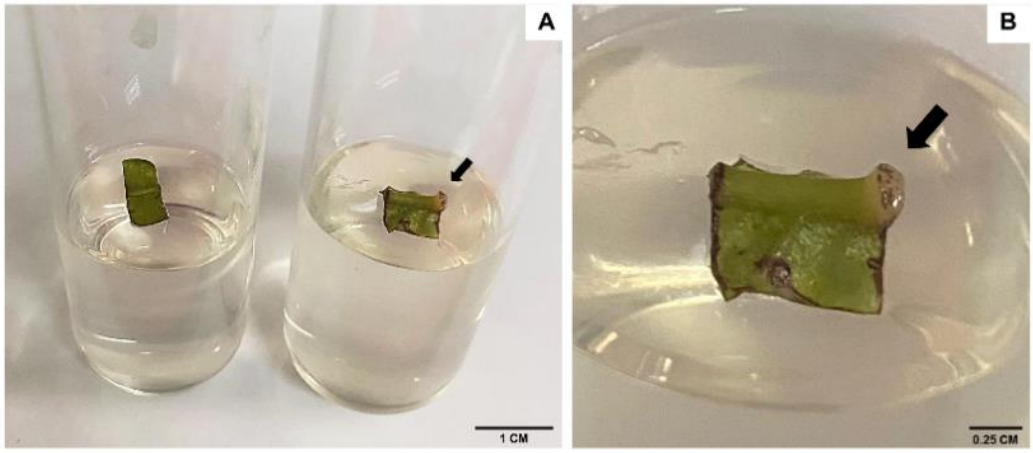


Figura 2. Callogénesis de aguacate con TDZ y 2,4-D. A) Izquierda-derecha 0 mg L^{-1} de TDZ o 2, 4-D y 1 mg L^{-1} de TDZ, respectivamente, B) 1.0 mg L^{-1} de TDZ.

Conclusiones

Se logró establecer un protocolo efectivo de desinfección de explantes de aguacate, así como condiciones adecuadas para el establecimiento del cultivo *in vitro* usando yemas u hojas en combinación de agentes antioxidantes (AgNPs y PVP) como reguladores de crecimiento (TDZ y 2,4-D).

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados obtenidos son parte del proyecto fiscal “Identificación de genes asociados a la respuesta al déficit hídrico y salinidad en portainjertos de aguacate (*Persea americana*)”.

Referencias bibliográficas

Kumar, S., Masurkar, P., Sravani, B., Bag, D., Sharma, K. R., Singh, P., ... & Minkina, T. (2023). A review on phytotoxicity and defense mechanism of silver nanoparticles (AgNPs) on plants. *Journal of Nanoparticle Research*, *25*(4), 54.

Liu, C., Fan, H., Zhang, J., Wu, J., Zhou, M., Cao, F., ... & Zhou, X. (2024). Combating browning: mechanisms and management strategies in in vitro culture of economic woody plants. *Forestry Research*, *4*, e032.

Permadi, N., Akbari, S. I., Prismantoro, D., Indriyani, N. N., Nurzaman, M., Alhasnawi, A. N., & Julaeha, E. (2024). Traditional and next-generation methods for browning control in plant tissue culture: current insights and future directions. *Current Plant Biology*, 100339.

SIAP (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [en línea]. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

EFECTO DE LA METATOPOLINA EN LA PROPAGACIÓN *In vitro* DE VAINILLA (*V. planifolia*) EN TRES SISTEMAS DE CULTIVO

Marco Antonio Ramírez-Mosqueda[1]*, Esmeralda Judith Cruz-Gutiérrez[1], Jorge David Cadena-Zamudio[1], Gabriela Sandoval-Cansino[1], José Roberto Bautista-Aguilar[2]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP; [2]Facultad de Ciencias Agrícolas, UV.
*Autor para correspondencia: ramirez.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: micropropagación, sistemas de inmersión temporal, vainilla.

Introducción

La vainilla (*V. planifolia* Jacks.) es una orquídea con valor comercial, debido a que de sus frutos beneficiados se extrae la vainillina. Sin embargo, pese a su importancia económica existe la necesidad de aumentar la obtención de propágulos para el establecimiento de plantaciones comerciales (Divakaran *et al*., 2024). La propagación convencional de vainilla se realiza a través de esquejes obtenidos de los tallos de este cultivo, sin embargo, a través de esta reproducción asexual no se logra satisfacer la demanda de propágulos. Mientras que la reproducción sexual a través de la germinación de semillas, está limitada por su bajo porcentaje de germinación (Ramírez-Mosqueda and Bello-Bello, 2021). Por tanto, es necesario llevar a cabo estrategias que permitan en aumento en la propagación de este cultivo. El cultivo de tejidos vegetales (CTV) nos permite obtener un gran número de plantas en espacios reducidos y lapsos de tiempo cortos; en condiciones de cultivo artificiales, asépticas y controladas (Cardoso, 2021). La micropropagación de vainilla ha sido abordada por diferentes autores, sin embargo, en la actualidad se buscan hacer más eficientes estos procesos con la evaluación y uso de diferentes reguladores del crecimiento vegetal y sistemas de cultivo. Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de la metatopolina en la micropropagación de *V. planifolia* en dos diferentes biorreactores.

Material y métodos

Material vegetal: plantas *in vitro* de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) previamente establecidas en el Centro Nacional de Recursos Genéticos a partir de yemas axilares fueron utilizadas como fuente de explantes.
Multiplicación del material vegetal: brotes de *V. planifolia* (1 cm de longitud) fueron transferidos a medio MS (Murashige y Skoog) adicionado con 30 g L^{-1} de sacarosa, se agregaron 2 mg L^{-1} de BAP (6-Bencilaminopurina) y se ajustó el pH a 5.8. Se utilizaron 2.5 g L^{-1} de Phytagel® como agente gelificante. Se dosificaron 35 mL de medio de cultivo en frascos de vidrio y se esterilizaron en una autoclave. Los cultivos fueron mantenidos a 24 ± 2 °C en un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad, con una irradiación lumínica de 50 µmol m^{-2} s^{-1}.
Efecto de la meta-topolina en la propagación in vitro de vainilla en tres sistemas de cultivo: brotes individuales de 1 cm de longitud de vainilla (*V. planifolia*) fueron transfirieron a medio MS (Murashige y Skoog) adicionado con 30 g L^{-1} de sacarosa y 1.0 mg L^{-1} de metatopolina (mT) (Phytotechnology® Lenexa, KS). El pH de los medios de cultivo fue ajustado a 5.8 ± 0.1. Se evaluaron tres sistemas de cultivo:1) Sistema semisólido (SS), al cual se le agregó 2.5 g L^{-1} de Phytagel® como agente gelificante y se dosificaron 50 mL de medio de cultivo en frascos de vidrio de 250 mL de capacidad. 2) Biorreactor RITA® (1000 mL 150 × 130 mm) (VITROPIC, Saint-Mathieu-de-Tréviers, Francia), medio liquido (sin agente gelifícate) y se dosificaron 250 mL de medio de cultivo en cada biorreactor. 3) Biorreactor SETIS™ (Vervit, Zelzate, Belgica 4000 mL), medio líquido (sin agente gelificante) y se dosificaron 1500 mL de medio de cultivo en cada biorreactor. En ambos sistemas los medios de cultivo fueron esterilizados en una autoclave a 1.5 kg cm-2 y 121 °C por 15 minutos. Para SS, se sembraron dos brotes por frasco de cultivo, contando con 25 frascos por tratamiento. Para RITA®, se sembraron 10 brotes por biorreactor, contando con cinco biorreactores por tratamiento. Para SETIS™, se sembraron 30 brotes por biorreactor, contando con cinco biorreactores por tratamiento. Los cultivos fueron mantenidos a 24 ± 2 °C en un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad, con una irradiación lumínica de 50 µmol m^{-2} s^{-1}. La frecuencia de inmersión para los biorreactores fue de 2 min cada 8 h. Al cabo de 45 días de cultivo se evaluó el número de brotes por explante, longitud de los brotes y número de hojas.
Enraizamiento y aclimatización: Brotes individuales de 3-4 cm de longitud provenientes de Semisólido, RITA® y SETIS™ fueron enjuagados con agua corriente y espolvoreadas en su base con enraizador comercial Radix 10000® (Intercontinental Import Export, Ciudad de México, Mex). Posteriormente, se

sembraron en sustrato estéril de musgo turboso + agrolita (1:3 v/v) utilizando macetas de 2.5 pulgadas (7.2 cm x 6.8 cm x 6.8 cm) Las plántulas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero con sombra al 50 %, humedad relativa entre el 90 ± 5 % y temperatura entre 30 ± 5 °C. Para permitir el proceso gradual de aclimatización, se utilizó una adecuación en macetas que consistió en colocar una bolsa plástica y sellarla con cinta adhesiva para evitar la pérdida de húmeda (posteriormente se fue retirando gradualmente para que la humedad relativa descendiera a condiciones ambientales). Después de seis semanas de cultivo se evaluó el porcentaje de supervivencia (dividiendo el número total de pantas sembradas entre el número de plantas que prevalecen vivas).

*Análisis estadísticos: e*n todos los experimentos se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente con el software IBM SPSS Statistics (versión 21). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) seguido de una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), con el fin de saber si existe una diferencia significativa entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Efecto de la meta-topolina en la propagación in vitro de vainilla en tres sistemas de cultivo: la adición de 1 mg L^{-1} de meta-topolina al medio MS, combinada con sistemas de inmersión temporal, potenció de forma sobresaliente la micropropagación de *Vanilla planifolia*: en SETIS™ se obtuvieron 36.11 ± 0.15 brotes por explante, cifra 6.4 veces mayor que la del sistema semisólido (5.63 ± 0.21) y 27 % superior a la de RITA® (28.35 ± 0.19); la longitud media de brotes alcanzó 4.37 ± 0.22 cm, lo que implica incrementos de 178 % y 9.8 % frente al semisólido (1.57 ± 0.25 cm) y RITA® (3.98 ± 0.18 cm), respectivamente; asimismo, los explantes en SETIS™ y RITA® desarrollaron 4.52 ± 0.28 y 3.90 ± 0.31 hojas, mientras que los del sistema semisólido produjeron apenas 0.90 ± 0.10, equivalentes a aumentos de 5.0 y 4.3 veces.

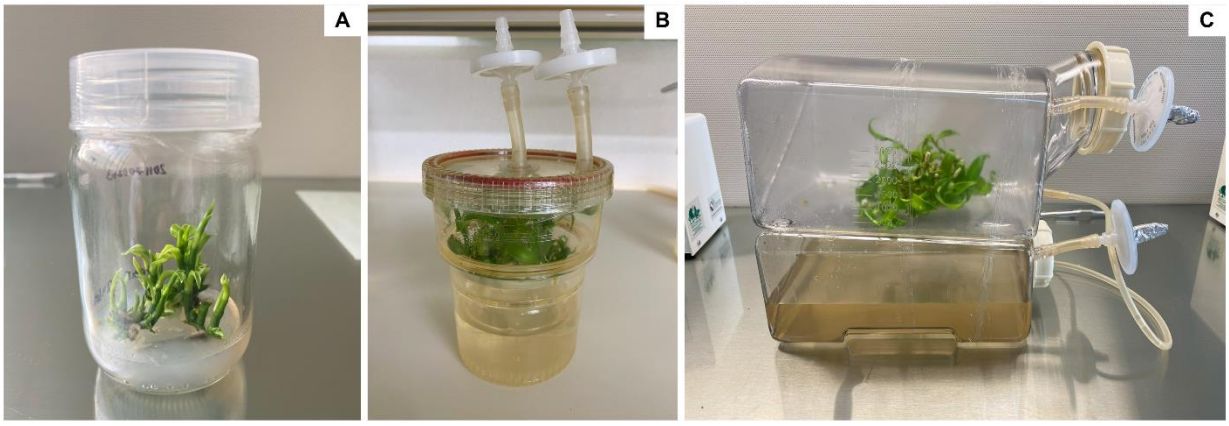


Figura 1. Micropropagación de *Vanilla planifolia* en tres sistemas de cultivo. A) Semisólido, B) Biorrector RITA®, C) Biorreactor SETIS™.

Enraizamiento y aclimatización: Esta superioridad morfo-fisiológica se reflejó ex vitro, donde las plántulas procedentes de SETIS™ y RITA® mostraron tasas de supervivencia del 90 % y 85 %, respectivamente, en contraste con la nula supervivencia de las originadas en medio semisólido, las cuales exhibieron escasa emisión radicular y bajo vigor.

Cuadro 1. Efecto de la meta-topolina en la propagación *in vitro* de vainilla en tres sistemas de cultivo.

S. de cultivo	Número de brotes	Longitud de brotes (cm)	Número de hojas
SS	5.63 ± 0.21c	1.57 ± 0.25b	0.90 ± 0.10d
RITA®	28.35 ± 0.19b	3.98 ± 0.18a	3.90 ± 0.31a
SETIS™	36.11 ± 0.15a	4.37 ± 0.22a	4.52 ± 0.28a

Los valores representan la media ± error estándar. Los valores seguidos de letra diferente denotan diferencias estadísticas significativas según (Tukey, *P*≤ 0,05).

Las ventajas que ofrece la mT en relación con otras citocininas son: contrarrestar los efectos de la hiperhidricidad que causa el uso de BAP, evitar la necrosis de los brotes al contener un grupo hidroxilo que permite la reversión de O-glucósidos generados por el uso de BAP, evitar la formación de quimeras y el no inhibir la formación de raíces durante la aclimatización (Cardoso, 2021). Por otra parte, los sistemas de inmersión temporal favorecen en intercambio gaseoso dentro del recipiente de cultivo, haciendo que las plantas obtenidas en estos sean fisiológicamente más funcionales (apertura/cierre estomático) (García-Ramírez *et al*., 2023). Además de estar ampliamente documentado que, en los TISs, al no usar agentes gelificante se abaratan los costos de producción, en comparación con medios semisólidos. Los TISs están diseñados para realizar a escala comercial la micropropagación de plantas. Bello-Bello *et al.* (2025) consideran a los TISs como la última etapa en el proceso de micropropagación masiva de plantas a escala comercial.

Conclusiones

La combinación de mT + TIS (SETIS™ o RITA®) no solo multiplica hasta 6 veces la producción de brotes y 5 veces la formación foliar respecto a sistemas semisólidos, sino que garantiza plantas fisiológicamente competentes y económicamente viables para programas de cultivo comercial de *V. planifolia*.

Referencias bibliográficas

Bello-Bello JJ, Mancilla-Álvarez E, Spinoso-Castillo JL (2025) Scaling-up procedures and factors for mass micropropagation using temporary immersion systems. In Vitro Cell Dev Biol-Plant 1-12.

Cardoso JC (2021) Meta-topolins: *In Vitro* Responses and Applications in Large-Scale Micropropagation of Horticultural Crops. In: Ahmad N, Strnad M (eds) Meta-topolin: A Growth Regulator for Plant Biotechnology and Agriculture. Springer, Singapore, pp. 203-219.

Divakaran M, Suseela Bhai R, Menchaca Garcia R, Aarthi S, Devasahayam S, Nirmal Babu K, Sudarshan MR (2024) Vanilla. In: Ravindran PN, Sivaraman K, Devasahayam S, Babu KN (eds) Handbook of Spices in India: 75 Years of Research and Development Singapore: Springer Nature Singapore, pp. 2591-2685.

García-Ramírez Y (2023) Temporary immersion system for *in vitro* propagation via organogenesis of forest plant species. Trees 37:611-626.

Ramírez-Mosqueda MA, Bello-Bello JJ (2021) SETIS™ bioreactor increases in vitro multiplication and shoot length in vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. Ex Andrews). Acta Physiol Plant 43:52.

MEDIOS DE CULTIVO PARA EL DESARROLLO DE CALLOS A PARTIR DE EXPLANTES FOLIARES Y NODALES DE *Solanum tuberosum* L.

Dariana Itsel Rico Aviles[1,2], Humberto Antonio López Delgado[1]*, Myriam Gutierrez Sanchez[1,2]

[1]Laboratorio de Fisiología-Biotecnología. Programa Nacional de Papa, INIFAP, Conjunto SECAM, Metepec, Edo. de México, C.P. 52140; [2]Universidad Politécnica del Valle de Toluca. Carretera Toluca-Almoloya de Juárez km. 5.6 Santiaguito Tlalcilalcali, Edo. de México C.P. 50904.
*Autor para correspondencia: lopez.humberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: Callogénesis, papa, *in vitro.*

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es uno de los cultivos de mayor relevancia a nivel global, destacándose por su importancia alimentaria, económica y social. En este contexto, la biotecnología vegetal, definida como la aplicación de tecnologías de laboratorio para el mejoramiento vegetal (Levitus *et al*., s.f.), ha emergido como una herramienta fundamental.

Particularmente, las técnicas de cultivo *in vitro* han permitido optimizar procesos esenciales como la propagación, conservación y mejora genética de la papa. Dentro de estas técnicas, la inducción de callos es una fase crítica, ya que a partir de estos tejidos desdiferenciados es posible regenerar plantas completas para obtener variación somaclonal, así como establecer líneas celulares para diversos fines de investigación y desarrollo (Urrea *et al*., 2001).

La eficiencia de la callogénesis está influenciada por diversos factores, entre los que se incluyen el tipo de explante, el genotipo específico, las condiciones ambientales del cultivo y, de manera crucial, la composición del medio de cultivo, con especial énfasis en la concentración y balance de los reguladores de crecimiento vegetal (Urrea *et al*., 2001).

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta callogénica de explantes foliares y de entrenudos del genotipo 5-10 (Citlalli) de *Solanum tuberosum* L. en diferentes medios de *cultivo in vitro.*

Materiales y métodos

Se incubaron segmentos entrenodales y foliares de la variedad Citlali en cultivo *in vitro* en medio Murashige y Skoog basal (MS, 1962). Las plantas, cultivadas *in vitro* durante tres semanas, procedieron del banco de germoplasma *in vitro* del INIFAP. Los explantes foliares se cultivaron en dos medios para inducir callogénesis: el medio 1 (M1), un medio MS suplementado con 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) a 2,0 mg/L y kinetina a 0,5 mg/L (Abu Zeid *et al*., 2022) y el medio 2 (M2), un medio MS con ácido giberélico (GA_3) a 5.20 mg/L y 6-bencilaminopurina (BAP) a 2.25 mg/L (Kaur *et al*., 2017). Similarmente, los explantes entrenodales se cultivaron en dos medios: el medio 1 (M1), un medio MS suplementado con BAP a 2,0 mg/L, kinetina a 0,2 mg/L, 2,4-D a 2,0 mg/L, ácido naftalenoacético (ANA) a 0,5 mg/L y GA_3 a 0,2 mg/L (Duha *et al*., 2024) y el medio 2 (M2), un medio MS suplementado solo con BAP a 3,0 mg/L y ANA a 2,0 mg/L (Kumlay & Ercisli, 2015).

Tras ocho semanas de cultivo a 20 °C con un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad para la formación de callos, se evaluó el porcentaje de callogénesis, la supervivencia y el peso promedio de los callos obtenidos.

Resultados y discusión

Se observó interacción entre las distintas combinaciones de reguladores del crecimiento vegetal, el tipo de explante y su efecto sobre la callogénesis de *Solanum tuberosum* L. Se registró una amplia variación en la supervivencia y el peso promedio de los callos formados (Cuadro 1), lo cual reflejo respuestas diferenciales según el tejido utilizado y el medio de cultivo.

En los explantes foliares cultivados en el medio 1, la supervivencia fue del 25 %, mientras que los entrenudos en el medio 2 alcanzaron un 78 %, lo que indica que esta última combinación de reguladores favorece condiciones más adecuadas para la viabilidad de los explantes entrenodales.

En cuanto al peso promedio de los callos, los explantes foliares cultivados en el medio 2 alcanzaron un valor de 1.6243 g, muy por encima de lo obtenido en el medio 1. No obstante, el error estándar (±1.05) sugiere una considerable variabilidad en el tamaño de los callos, posiblemente asociada a una respuesta heterogénea de los tejidos a los reguladores presentes en ese medio. En los entrenudos, el medio 2

también produjo callos con un peso menor en comparación con el medio 1 (Cuadro 1), los errores estándar indican cierta variabilidad en las mediciones.

Cuadro 1. Efectos de diferentes reguladores del crecimiento vegetal en la formación de callos en *S. tuberosum.*

Fuentes de explantes	Reguladores del crecimiento vegetal (mg 0,3 L-1)						Sobrevivencia (%)	Peso promedio del callo (g)
	Medio	BAP	KIN	ANA	GA3	2,4-D		
Entrenudo	Control	Medio MS					0	0
	1						45	0.7490 ± 0.076
	2						78	0.3117 ± 0.03
Hoja	Control	Medio MS					0	0
	1	-	0.15	-	-	0.6	25	0.3235 ± 0.02
	2	0.675	-	-	1.56		16.66	1.6243 ± 1.05

La Figura 1 muestra que el medio 2 promovió un mayor porcentaje de formación de callos en ambos tipos de explantes en comparación con el medio 1 y el testigo. Este patrón fue más evidente en los entrenudos, donde el tratamiento con BAP y ANA indujo la respuesta más favorable. En los explantes foliares también se observó un aumento en la formación de callos en el medio 2, aunque con una menor tasa de supervivencia, lo que podría implicar una mayor sensibilidad inicial del tejido a la combinación hormonal utilizada.

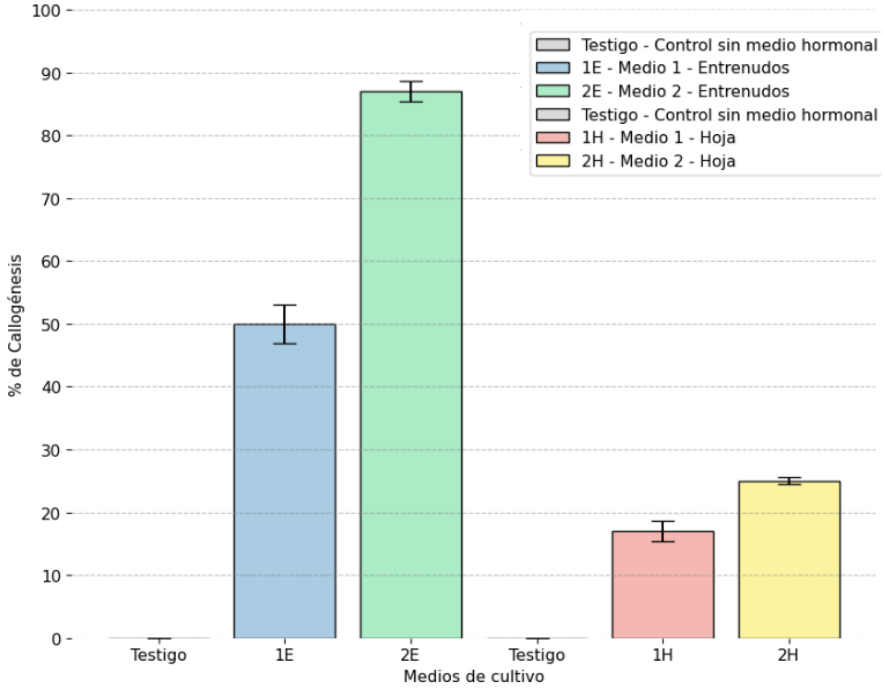


Figura 1. Porcentaje de formación de callos en *Solanum tuberosum* a partir de explantes entrenodales y foliares cultivados en dos medios con diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento (M1 y M2) y testigo.

Conclusiones

El análisis de la formación de callos en explantes de hoja y entrenudo, utilizando dos medios de cultivo (M1 y M2) en combinaciones de reguladores de crecimiento, mostraron resultados diferentes en función del tipo de explante.

Explante de hoja en medio MS (M2) suplementado con 0.15 mg/L de KIN y 0.6 mg/L 2,4-D mostró un mayor porcentaje de formación de callos en comparación con el medio 1.
Para explantes de tallo, reguladores de crecimiento de BAP y ANA a 0.6 mg/L y 0.06 mg/L fueron exitosos en la formación de callogénesis en comparación con el medio 1.
Estos resultados sugieren que la respuesta a la combinación de reguladores de crecimiento es específica del tipo de explante utilizado, indicando la necesidad de optimizar las formulaciones de los medios de cultivo para cada tipo de tejido. La obtención de callos constituye el paso previo para la organogénesis de brotes, cuando se busca obtener variación somaclonal con fines de mejoramiento.

Agradecimientos
Al laboratorio de Fisiología-Biotecnología del Programa Nacional de Papa del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Abu Zeid, I. M., Soliman, H. I. A., Metwali, E. M. R. (2022). In vitro evaluation of some high yield potato (Solanum tuberosum L.) cultivars under imposition of salinity at the cellular and organ levels. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *29*(2), 2541-2551.

Duha, M. M., Ayyad, W. A., & Allah, B. (2024). Effects of different growth hormones on Solanum tuberosum L. callus induction and regeneration. Plant Science Today. https://doi.org/10.14719/pst.4056

Kumlay, A. M., & Ercisli, S. (2015). Callus induction, shoot proliferation and root regeneration of potato (Solanum tuberosumL.) stem node and leaf explants under long-day conditions. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 29(6), 1075-1084. https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1077685

Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., & Mroginski, L. (Eds.). (s.f.). *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio).

Urrea, A. I., Veitia, N., & Bermúdez, I. (2001). Selección in vitro de callos de papa (*Solanum tuberosum*) var. Diacol Capiro empleando el filtrado crudo de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. *Actualidades Biológicas*, *23*(74), 5-13.

ORGANOGÉNESIS *in vitro* EN PLANTAS DE *Solanum tuberosum* L. CON PRETRATAMIENTOS DE ÁCIDO SALICÍLICO Y PERÓXIDO DE HIDRÓGENO

Judit Sarahi Varela Maldonado [1,2], Humberto Antonio López-Delgado [1]*

[1]Laboratorio de Fisiología-Biotecnología, Programa Nacional de Papa, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Conjunto SECAM, CP.52140; [2]Universidad Simón Bolívar Av. Río Mixcoac 48, Insurgentes Mixcoac, Benito Juárez, 03920 Ciudad de México, CDMX.
*Autor para correspondencia: lopez.humberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: Incubación, callogénesis, auxinas.

Introducción

La organogénesis indirecta *in vitro* se refiere a la formación de brotes pasando por un desarrollo de callo mediante un cambio morfológico mediado por reguladores de crecimiento como auxinas, citocininas, giberelinas etc (George & Debergh, 2008). De este proceso se obtiene una masa amorfa de células a partir de un explante de planta ya sea de tallo, hojas, etc, que posteriormente pueden tener potencial para la formación de raíces, embriones, o brotes con la finalidad de generar nuevas plantas (Lallana y Lallana, 2003), dando la oportunidad de obtener nuevas variantes a analizar para un posible mejoramiento genético que aporte beneficios para la resistencia a plagas, cambios de temperatura o enfermedades producidas por bacterias, virus y hongos.

En el presente trabajo se probó el efecto de ácido salicílico (AS) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) usando el genotipo 676008 de *Solanum tuberosum* L del banco de germoplasma de papa *in vitro* del programa nacional de papa en la inducción de organogénesis basándose en investigaciones previas que demuestran el potencial de estás moléculas como señales inductoras en dicho proceso. (Ayala D, 2023), (Hernández K, 2024).

Materiales y métodos

El método experimental se dividió en dos etapas: en la etapa 1 se realizaron incubaciones con dos moléculas señal de segmentos nodales del genotipo 676008 *in vitro* en medio MS (Murashige y Skoog, 1962), con presencia de AS a concentraciones de [0], [1 x10-7] y [1 x 10-6] M durante 30 días y en H_2O_2 a [0], [0.1] y [1.0] M por 1 h seguido de un periodo de cultivo por 30 días en MS con 3 repeticiones de 10 plantas por cada concentración. Posteriormente al término del tiempo de incubación los entrenudos de las plantas obtenidas se sometieron a la etapa 2, en donde se cultivaron en un medio para inducción de callogénesis, el medio basal fue MS adicionado con 2,4-Diclorofenoxiacético (2,4-D) a 2.0 mg/L y 6-Bencilaminopurina (BAP) a 0.5 mg/L, el tiempo de permanencia en formación de callogénesis fue de 9 semanas. Se realizaron 3 repeticiones con 20 callos por tratamiento. En la primera etapa se analizó el peso de las plantas incubadas en AS y H_2O_2. En la segunda etapa se evaluó el porcentaje de formación de callos y peso de los mismos.

Resultados y discusión

En la etapa 1 se observó que en plantas pretratadas con AS mostraron un menor peso para [1x10-6 M y 1x10-7 M] en comparación con su testigo, mientras que para plantas pretratadas con H_2O_2 se observó un menor peso para [0.1 mM], sin embargo, para [1 mM] no se observó diferencia significativa (Figura 1).

En la etapa 2 para inducción de callo como se muestra en la Figura 2, el peso de las plantas provenientes de incubaciones con AS presentó un incremento significativo con respecto a su testigo. En el caso de H_2O_2 el incremento se observó en [1 mM] en comparación al testigo. En la Figura 3 se observa que el porcentaje de callogénesis con AS en todos los pretratamientos se muestran por arriba del 60%. No obstante, para el caso de H_2O_2 en comparación con entrenudos no tratados existe un menor porcentaje de formación de callo. Con base a los resultados obtenidos la etapa subsecuente consistirá en realizar la inducción a brotes para continuar evaluando el potencial de estas moléculas señal en la variación somaclonal.

Conclusiones

El AS es una molécula señal que favorece tanto el desarrollo de las plantas (peso) como la obtención de callos con mayor peso, mientras que H_2O_2 [1 mM], únicamente se observó mayor inducción de peso respecto al testigo.

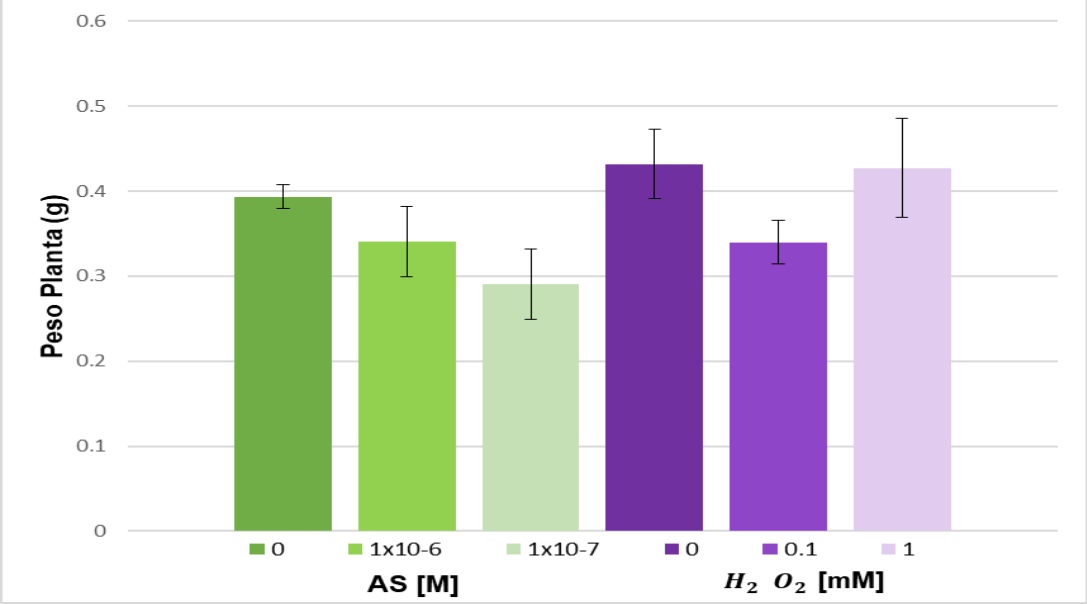


Figura 1. Peso de plantas preincubadas *in vitro* en concentraciones de AS en medio MS por 30 días y plantas preincubadas con H_2O_2 durante 1 h seguido de 30 días de cultivo en medio MS.

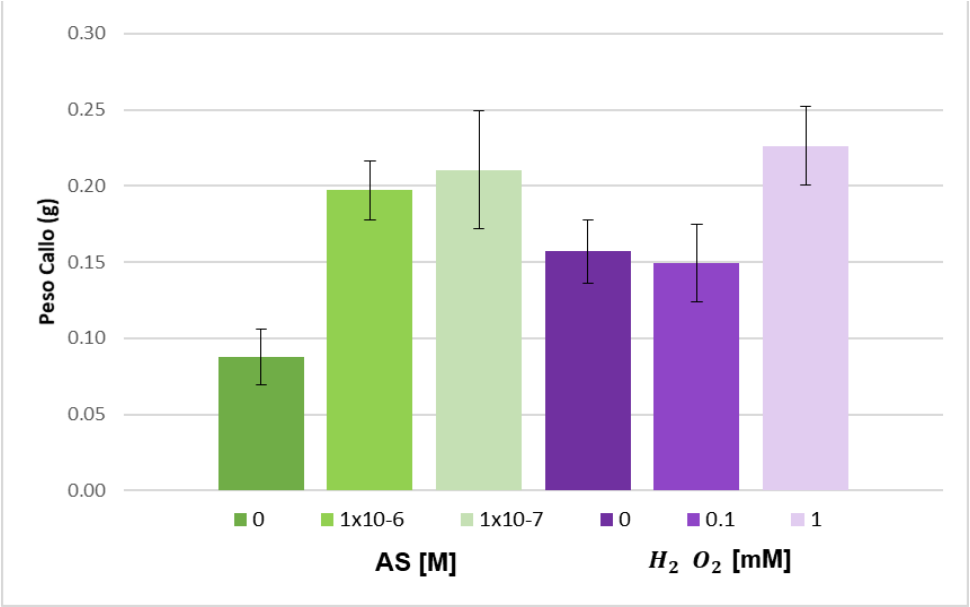


Figura **2.** Peso de callos provenientes de entrenudos pretratados con AS y H_2O_2 en medio MS adicionado con 2,4-D a 2.0 mg/L y BAP a 0.5 mg/L.

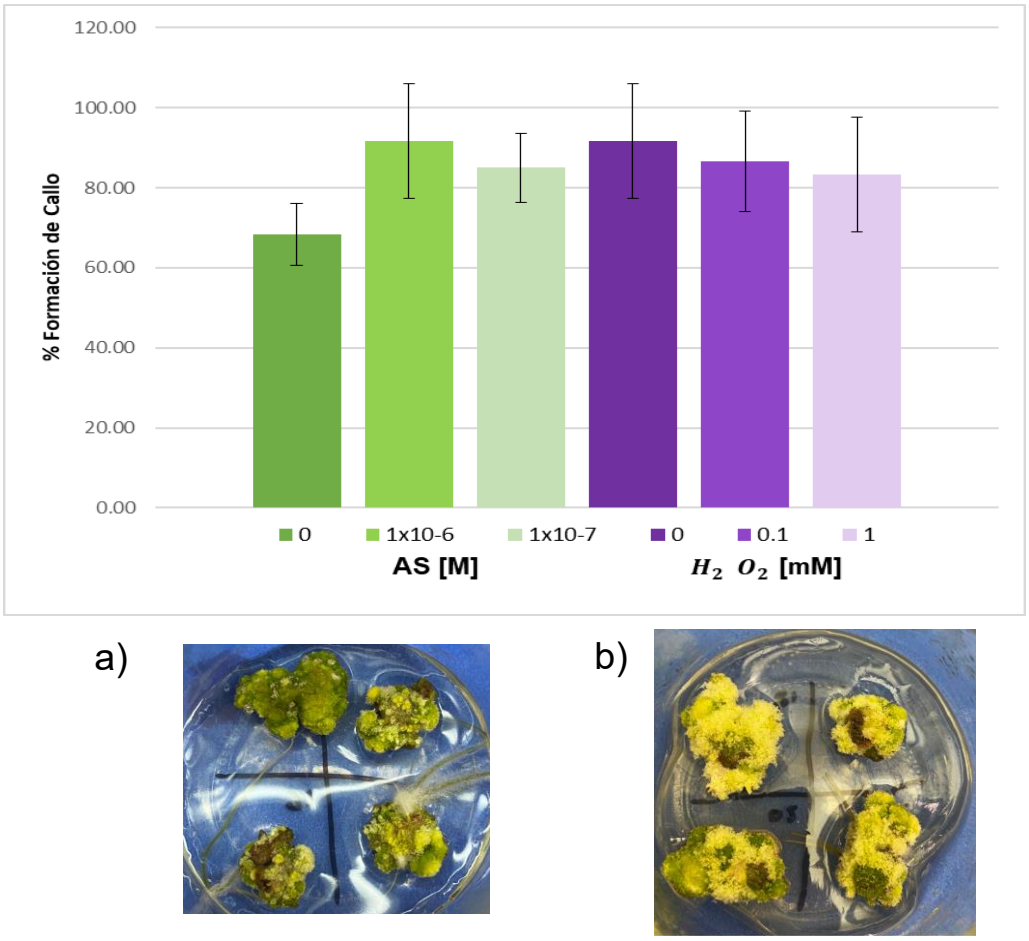


Figura 3. Porcentaje de formación de callogénesis en entrenudos de plantas previamente incubadas en AS y H_2O_2 en medio MS adicionado con 2,4-D a 2.0 mg/L y BAP a 0.5 mg/L. a) callos en tratamiento con AS, b) callos en tratamientos con H_2O_2.

Agradecimientos y fuente financiadora
Al laboratorio de Fisiología-Biotecnología del Programa Nacional de Papa del INIFAP, donde también fue financiada esta investigación a través de recursos del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Ayala Hernández, D. D. (2023). El ácido salicílico y el peróxido de hidrógeno en la organogénesis *in vitro* de plantas de *Solanum tuberosum* L. asociada a la actividad antioxidante [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados].

George EF & Debergh PC (2008) Micropropagation: Uses and Methods. In: George, E.F., Hall, M.A. & Klerk, G. J D. (eds). Plant propagation by tissue culture. pp. 29-64.

Hernández-Zarco, K., Velazquez-Arzate, D, & López-Delgado, H. (2024). Inducción de callogénesis con pretratamientos de ácido salicílico y peróxido de hidrógeno en Solanum tuberosum L. [Póster]. Congreso "Reuniones nacionales de investigación e innovación pecuaria, agrícola, forestal y acuícola pesquera.

Lallana VH & Lallana MC (2003) Inducción de callos utilizando la técnica de cultivo in vitro. Manual de prácticas de fisiología vegetal. Ed. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina. Pp. 81-82.

EFECTO FITOESTIMULANTE DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA DURANTE LA MULTIPLICACIÓN Y ENRAIZAMIENTO *in vitro* DE FRESA (*Fragaria* x *Ananassa* DUCH.)

José Luis Aguirre Noyola[1*], Marco Antonio Ramírez Mosqueda[1], Jorge David Cadena Zamudio[1], Alma Armenta Medina[1], Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez[1].

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP.
*Autor para correspondencia: aguirre.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Berries, nano-gardening, nanomateriales.

Introducción

Los frutos de las fresas (*Fragaria* × *ananassa* Duch) son altamente cotizados debido a su fragancia, sabor único y valor nutricional especialmente conferido por su contenido de flavonoides, carotenoides, antocianinas, vitamina C, minerales y ácidos orgánicos. Según datos de FAOSTAT, en 2023 la producción mundial de fresa alcanzó los 10.5 millones de toneladas métricas, de las cuales China aportó casi el 40 %, seguida por Estados Unidos, Egipto, Turquía y México. A pesar de este volumen, la creciente demanda aún no se satisface por completo, lo que hace necesario implementar protocolos eficaces y accesibles para la producción masiva de plantas. Tradicionalmente, la multiplicación de fresa se ha realizado mediante estolones debido a su bajo costo; sin embargo, este método genera pocas plantas y estas son susceptibles a infecciones fúngicas. El cultivo *in vitro*, a partir de diferentes tipos de explantes, se ha convertido en un método clave para superar los retos de la producción de fresa, aumentar el rendimiento y promover prácticas sostenibles. Las plántulas obtenidas por micropropagación son más genéticamente homogéneas lo que asegura un comportamiento fenológico y productivo estable durante el cultivo en campo. Novedosas técnicas de cultivo *in vitro* han surgido para aumentar el éxito de multiplicación y asegurar la inocuidad y calidad del producto. Uno de estos enfoques es en el "nano-gardening", que surge de la incorporación de los nanomateriales en los procesos de producción de plantas, principalmente, durante el cultivo *in vitro* (Guha *et al*., 2024). Los NMs exhiben características físicas y químicas únicas, que van desde un tamaño diminuto (10-200 nm) hasta propiedades ópticas, electrónicas, mecánicas y cuánticas especiales que no se expresan en los materiales de mayor tamaño. El nano-gardening busca optimizar el desarrollo y multiplicación de los explantes a través de adicionar nanomateriales (NMs) con propiedades fitoestimulantes, antimicrobianas y/o antioxidantes bajo condiciones controladas. De entre ellos, las nanopartículas de plata (AgNPs) son de los NMs más ampliamente utilizados porque no son costosas, tienen una alta conductividad eléctrica y son estables químicamente. Otra cualidad de las AgNPs es que pueden producirse mediante síntesis verde. Este método es más respetuoso con el medio ambiente, ya que genera menos residuos químicos y utiliza enzimas o metabolitos como agentes catalizadores (Banjara *et al*., 2024). A pesar de las bondades de las AgNPs, su estudio se ha limitado a evaluar sus propiedades antimicrobianas y poco se conoce sobre los efectos biológicos que pueden inducir en las plantas.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la concentración de AgNPs de síntesis verde en la multiplicación, enraizamiento y aclimatización de fresa en condiciones *in vitro*.

Materiales y métodos

Material vegetal y condiciones de cultivo in vitro. Plantas de fresa derivadas de meristemos apicales fueron empleadas como fuente de explantes. El material vegetal fue cultivado *in vitro* en el Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP (Tepatitlán de Morelos, Jalisco). Los cultivos se mantuvieron en una cámara de crecimiento a una temperatura controlada de 24 ± 2 °C, bajo iluminación artificial LED con una intensidad lumínica de 50 µmol m^{-2} s^{-1} y un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad.
Micropropagación asistida con nanopartículas de plata. Se prepararon frascos con medio de cultivo MS suplementado con 30 g L^{-1} de sacarosa y cuatro concentraciones de nanopartículas de plata (AgNPs): 0, 100, 200 y 300 mg L^{-1}. El pH del medio fue ajustado a 5.8 ± 0.1 antes de añadir 1.7 g L^{-1} de Phytagel™. En cada frasco se colocaron cuatro explantes utilizando pinzas estériles. Posteriormente, los frascos fueron incubados en una cámara de crecimiento a 24 ± 2 °C, con iluminación LED (50 µmol m^{-2} s^{-1}) y un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad. Se establecieron cinco repeticiones por tratamiento. Después de 45 días, se evaluaron número y altura de brotes, así como número y longitud de raíces.

Cuantificación de clorofilas. El contenido de clorofilas en las hojas de las plantas correspondientes a cada tratamiento se determinó con base en el método de Harborne. Se pesaron 250 mg de tejido foliar, los cuales fueron cortados y macerados en un mortero con pistilo utilizando 2.5 mL de acetona al 80 % (v/v en agua). La mezcla resultante se transfirió a tubos de 15 mL y se almacenó a −20 °C, protegida de la luz. Posteriormente, el extracto fue nuevamente homogenizado y filtrado con papel filtro de celulosa de 4 µm de poro. El volumen final del filtrado se ajustó a 6.25 mL con acetona al 80 %. Las lecturas de absorbancia se realizaron a 645 y 663 nm en un espectrofotómetro. Cada tratamiento fue analizado por triplicado.
Aclimatación de plantas de fresa. Brotes con raíces desarrolladas y al menos 3 cm de altura fueron lavados y trasplantados en charolas plásticas (15 × 15 × 8 cm) con sustrato estéril de vermiculita y agrolita (1:1, v/v). Se evaluaron dos tratamientos: 0 y 200 mg L^{-1} de AgNPs en el sustrato. Las plántulas se fertilizaron y se mantuvieron en invernadero con sombra al 50 %, 90 ± 5 % de humedad relativa y 30 ± 5 °C. Se regaron cada tres días con 5 mL de agua. A las seis semanas, se calculó el porcentaje de supervivencia como la proporción de plantas vivas respecto al total trasplantado.
Análisis estadístico. Se empleó un diseño completamente al azar en todos los experimentos. Los datos se analizaron mediante ANOVA seguido de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparar los parámetros morfológicos entre tratamientos. Para la supervivencia en la etapa de aclimatación, se aplicó una prueba t de Student.

Resultados y discusión

Tras cuatro semanas de cultivo, las AgNPs mostraron un efecto dependiente de la concentración sobre el desarrollo de los explantes de fresa (Figura 1). Las concentraciones de 100 y 200 mg L^{-1} duplicaron el número de brotes (2.83-3.08 brotes) respecto al control (1.50 brotes), mientras que a 300 mg L^{-1} el número se redujo a 2 brotes (Figura 1A).Este comportamiento se denomina hormésis: dosis bajas inducen respuestas adaptativas, mientras que dosis altas pueden ser nanotóxicas .En cuanto al número de hojas, el control presentó la mayor cantidad, y las plantas tratadas con AgNPs mostraron valores menores, sin diferencias significativas entre concentraciones. El sistema radicular respondió positivamente a las AgNPs (Figura 1B).

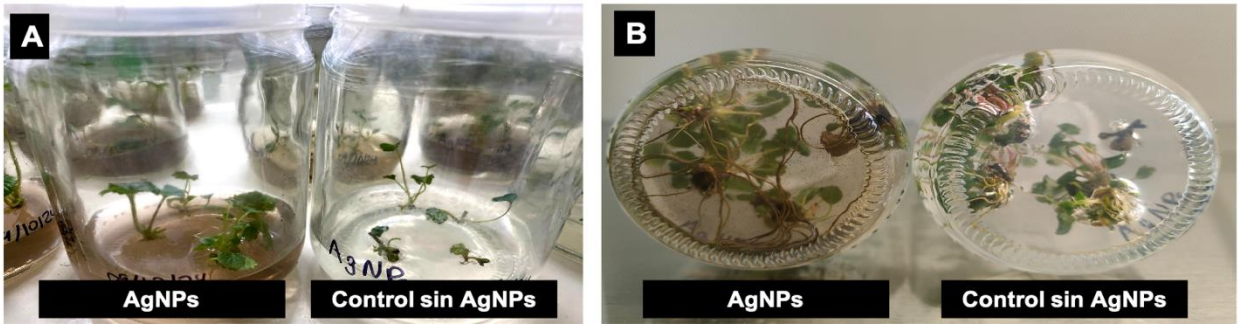


Figura 1. Efecto de nanopartículas de plata (AgNPs) en el cultivo *in vitro* de fresa. A) Estimulación del número de brotes en presencia de AgNPs, y B) Aumento del enraizamiento en respuesta a las AgNPs.

Se observó un mayor número de raíces ($\bar{x}$ =9.90) en comparación con el control (5.50). La mayor longitud de raíces se registró con 200 mg L^{-1} (5.40 cm), seguido por 300 mg L^{-1} ($\bar{x}$ =5.31 cm) y 100 mg L^{-1} ($\bar{x}$ =4.20 cm), todas superiores al tratamiento sin AgNPs. Esto podría deberse a que las nanopartículas inducen respuestas moleculares en células vegetales al generar especies reactivas de oxígeno (ROS) controladas, activando rutas de señalización que regulan el estrés, crecimiento, división celular, síntesis de fitoalexinas y defensa antioxidante (Huang *et al*., 2022). Se cuantificaron las clorofilas como indicador de la respuesta fisiológica a las AgNPs. En general, la adición de nanopartículas incrementó la producción de clorofilas. La clorofila A aumentó significativamente solo con 200 y 300 mg L^{-1}, mientras que 100 mg L^{-1} no mostró efecto frente al control. En cuanto a clorofila B, no hubo diferencias entre las concentraciones evaluadas, pero todas superaron al control. La clorofila total mostró un aumento progresivo, con un valor máximo cercano a 0.3 mg g^{-1} PF a 300 mg L^{-1}, el doble que en plantas sin AgNPs. Por otra parte, otra ventaja de los nanomateriales es su capacidad para inducir tolerancia al estrés abiótico mediante la activación de sistemas antioxidantes, la acumulación de osmoprotectores y la modulación de fitohormonas como el ácido abscísico (Zaman *et al*., 2025). El paso crítico de trasladar plantas micropropagadas a

condiciones de invernadero se evaluó usando un sustrato estéril de turba y agrolita (1:1) (Figura 2A). Las plantas tratadas con AgNPs mostraron mayor vigor y mejor adaptación al sustrato (Figura 2B). Después de 6 semanas, su porcentaje de supervivencia fue del 85 %, superior al 50 % del control. Un buen protocolo de aclimatación aumenta la viabilidad de las plantas para trasplante o venta, reduce pérdidas económicas y optimiza recursos, haciendo la propagación de fresa más eficiente.

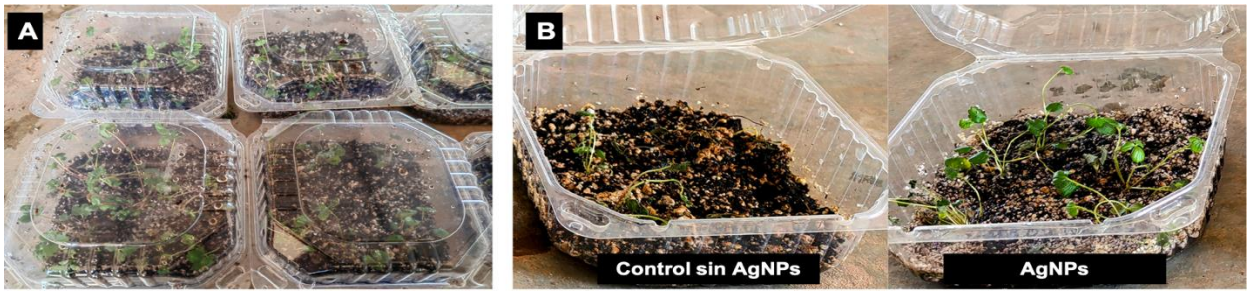


Figura 2. Efecto de nanopartículas de plata (AgNPs) en la aclimatización de fresa. A) Proceso de aclimatización de fresa en invernadero y B) supervivencia *ex vitro* en respuesta a las AgNPs.

Conclusiones

Las AgNPs de síntesis verde actúan como nano-bioestimulantes en el cultivo in vitro de fresa, mejorando la multiplicación y enraizamiento mediante un efecto hormético. Las AgNPs aumentaron la aclimatización de las fresas en condiciones de invernadero.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este proyecto no contó con financiamiento

Referencias bibliográficas

Banjara, R. A., Kumar, A., Aneshwari, R., Satnami, M. L., & Sinha, S. K. (2024). A comparative analysis of chemical vs green synthesis of nanoparticles and their various applications. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 100988.

Guha, P. S., Gupta, S. D., & Saha, N. (2024). Nano-gardening: Harnessing Metal Nanoparticles for Enhanced In Vitro Plant Regeneration. *BioNanoScience*, *14*(3), 3555-3571.

Huang, D., Dang, F., Huang, Y., Chen, N., & Zhou, D. (2022). Uptake, translocation, and transformation of silver nanoparticles in plants. *Environmental Science: Nano*, *9*(1), 12-39.

Zaman, W., Ayaz, A., & Park, S. (2025). Nanomaterials in agriculture: A pathway to enhanced plant growth and abiotic stress resistance. *Plants*, *14*(5), 716.

IMPACTO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA METAGENÓMICA DE MARCADORES: EVALUACIÓN EN SUELOS CULTIVADOS CON TOMATE (*Solanum lycopersicum* Y *pimpinellifolium*)

Carlos Daniel Vázquez Hernández[1], Aurora Labastida Martinez[1*]

[1]OMICS Analysis.
[*]Autor para correspondencia: a.labastida@omicsanalysis.mx

Palabras clave: Metagenómica, Suelos, Tomate

Introducción

La metagenómica de marcadores, o *metabarcoding*, permite analizar la composición de una comunidad microbiana a partir de su ADN total, mediante la secuenciación masiva (NGS) de un marcador genético específico. El gen del ARN ribosomal 16S, presente en todas las bacterias, es el marcador más utilizado. Aplicado al estudio del suelo agrícola, este enfoque ofrece una visión integral de su diversidad microbiana y facilita la identificación de bacterias asociadas a enfermedades, productividad o resistencia de los cultivos a condiciones adversas.

A diferencia de la metagenómica completa, el *metabarcoding* no proporciona información funcional (ej. metabolismo, virulencia o resistencia a antibióticos). Sin embargo, requiere cientos de veces menos datos de secuenciación y demanda menor capacidad de análisis computacional, lo que lo convierte en una alternativa eficiente y económica para estudios exploratorios o como paso previo a experimentos más exhaustivos.

El éxito de estos estudios depende de la calidad y cantidad de datos obtenidos por muestra, así como de un diseño experimental robusto que permita detectar cambios significativos entre condiciones, incluso frente a alta variabilidad biológica.

En este trabajo evaluamos dos aspectos clave del diseño experimental en proyectos de *metabarcoding*: el número total de amplicones secuenciados y la cantidad de réplicas biológicas por grupo. Para ello, reanalizamos datos públicos de suelos cultivados con tomate silvestre (*Solanum pimpinellifolium*) y tomate domesticado (*S. lycopersicum*).

Objetivo

Demostrar el impacto de la cantidad de secuencia y la cantidad de réplicas biológicas en la cantidad de hallazgos generados en un proyecto de *metabarcoding* de microbiomas de suelo.

Materiales y métodos

Conjunto de datos: Se descargaron 33 librerías de secuenciación pareada de Illumina (2x300), desde la base de datos NCBI SRA, correspondientes a lecturas de la región V3-V4 del RNAr 16S en suelos sin cultivar (21) o cultivados con *S. pimpinellifolium* (6) o *S. lycopersicum* (6) [Oyserman *et al*., 2022].

Procesamiento global: Las secuencias de adaptadores de Illumina se eliminaron con *Cutadapt* [Martin, 2011] y se usó DADA2 [Callahan *et al*., 2016] para eliminar lecturas con dos o más errores de secuenciación esperados, filtrar familias de lecturas generadas por error experimental (*denoising*), traslapar los pares de lecturas y eliminar secuencias de rRNA 16S quiméricas. Asimismo, DADA2 reportó las Variantes de la Secuencia del marcador (ASVs -*Amplicon Sequence Variants*) encontradas en cada muestra.

Análisis biológico: Para la asignación taxonómica de las ASVs, se utilizó el *naive Bayes classifier*, entrenado con la base de datos de RNAr 16S SILVA 138 [Yilmaz *et al*., 2014], utilizando secuencias agrupadas con un umbral de similitud de 99%. Finalmente, los cambios significativos en abundancia de clados se evaluaron con DESeq2 [Love *et al*., 2014], mientras que las medidas de diversidad, la rarefacción y las pruebas estadísticas se obtuvieron con el lenguaje *R*.

Resultados y discusión

De los 26,491 a 46,663 pares de lecturas obtenidos por muestra, entre el 48% y 63% (promedio: 56%) fueron eliminados por los filtros de calidad (Figura **1a**), resultando en 11,968 a 23,482 secuencias de la región V3-V4 agrupadas en ASVs. El análisis de rarefacción **(**Figura **1b)** mostró que 10,000 pares de lecturas son suficientes para capturar la diversidad bacteriana de las muestras, sugiriendo que la secuenciación de sólo 33,500 amplicones (2×300 bp), incluso con un 70% de descarte, sería suficiente para cubrir adecuadamente el microbioma.

Al comparar las abundancias de los géneros bacterianos entre grupos (*S. lycopersicum* -SL-, *S. pimpinellifolium* -SP- y no cultivado -NC-), usando de 3 a 6 réplicas biológicas por grupo, se encontró una alta correlación entre el número de réplicas y el número de géneros diferencialmente abundantes (R^2 > 0.96). Las comparaciones con suelo no cultivado arrojaron más diferencias significativas (83–154 géneros) que entre suelos cultivados (12–24; Figura 1c). El máximo número de cambios significativos (203) se detectó al comparar 12 muestras de suelo cultivado con 12 de suelo no cultivado. Así pues, usar 3 y 6 réplicas permitió detectar el 40% y 76% de los cambios, respectivamente.
La diversidad alfa (índice de Shannon) fue significativamente mayor en suelos no cultivados respecto a SL y SP. Asimismo, el análisis de disimilitud de Bray-Curtis mostró una composición microbiana distinta entre suelos cultivados y no cultivados (Figura 2). Estos efectos fueron estadísticamente significativos a partir de 3 réplicas para la alfa diversidad y 5 para la beta diversidad (p ajustada < 0.05; test t y PERMANOVA, respectivamente).

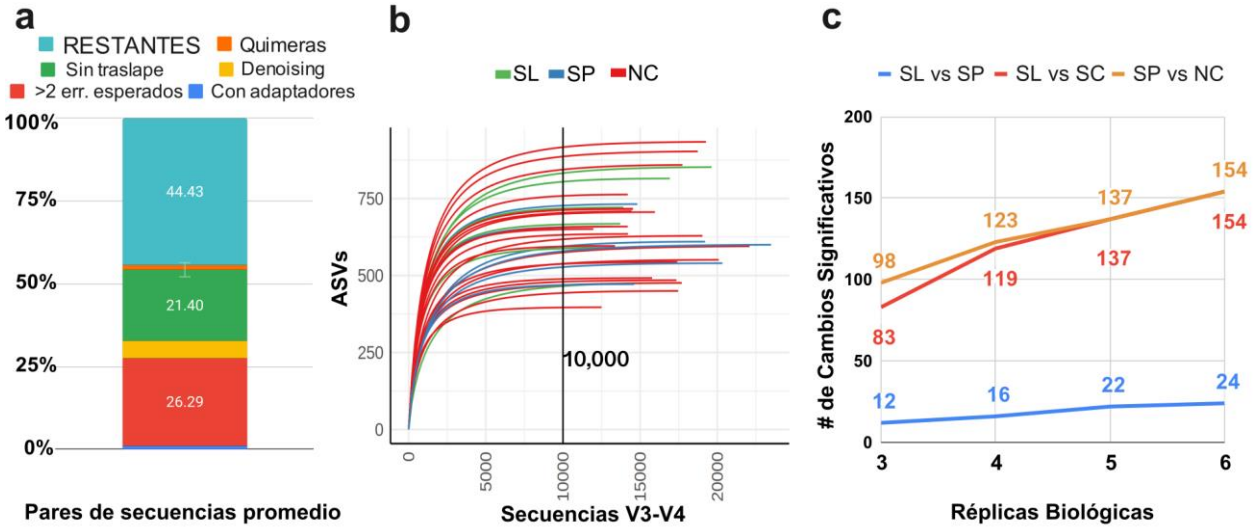


Figura 1. a) Porcentaje promedio de datos filtrados en cada paso del control de calidad, b) Curvas de rarefacción por muestra, c) Número de géneros diferencialmente abundantes usando de 3 a 6 réplicas biológicas en 3 comparaciones entre grupos. SL: *S. lycopersicum*, SP: *S. pimpinellifolium* y NC: no cultivado.

Conclusiones

Nuestros resultados apuntan a que la secuenciación de 33,500 pares de lecturas (amplicones de la región V3-V4 del RNAr 16S) es suficiente para una captura representativa de la diversidad taxonómica en suelos agrícolas, incluso bajo criterios de filtrado estrictos. Esto respalda la práctica habitual de los servicios de secuenciación masiva (NGS), que suelen generar ~50,000 pares de lecturas (2×300 bp) para estudios de *metabarcoding*. Por otro lado, el número de réplicas biológicas tuvo un efecto marcado en el poder del análisis: el número de géneros bacterianos con diferencias significativas de abundancia aumentó consistentemente entre 3 y 6 réplicas, y solo a partir de 5 réplicas se detectaron diferencias significativas en la beta diversidad. De hecho, 3 y 6 réplicas permitieron detectar 40% y 75% del número de cambios observados con 12 réplicas al comparar suelos cultivados y no cultivados. Así pues, el uso de al menos 6 réplicas biológicas por grupo podría considerarse un estándar robusto para estudios de *metabarcoding* de suelos agrícolas. Esta evaluación podría realizarse en ecosistemas de mayor diversidad taxonómica o con mayor variación entre puntos de muestreo en estudios futuros.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo fue financiado por OMICS Analysis.

Referencias bibliográficas

Callahan BJ, McMurdie PJ, Rosen MJ, Han AW, Johnson AJA, Holmes SP (2016). *DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data*. Nature Methods, 13, 581-583. doi:10.1038/nmeth.3869.

Love MI, Huber W, Anders S (2014). *Moderated estimation of fold change and dispersion for RNA-seq data with DESeq2*. Genome Biology, 15, 550. doi:10.1186/s13059-014-0550-8.

Martin M. (2011) *Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads*. EMBnet.journal, 17(1), pp. 10-12. doi: 10.14806/ej.17.1.200

Oyserman BO, Flores SS, Griffioen T, Pan X, van der Wijk E, Pronk L, Lokhorst W, Nurfikari A, Paulson JN, Movassagh M, Stopnisek N, Kupczok A, Cordovez V, Carrión VJ, Ligterink W, Snoek BL, Medema MH, Raaijmakers JM. (2022) *Disentangling the genetic basis of rhizosphere microbiome assembly in tomato*. Nat Commun. Jun 16;13(1):3228. doi: 10.1038/s41467-022-30849-9. PMID: 35710629; PMCID: PMC9203511.

Yilmaz P, Parfrey LW, Yarza P, Gerken J, Pruesse E, Quast C, Schweer T, Peplies J, Ludwig W, Glöckner FO (2014) *The SILVA and "All-species Living Tree Project (LTP)" taxonomic frameworks*. Nucl. Acids Res. 42:D643-D648

IDENTIFICACIÓN DE GENES ORTÓLOGOS ASOCIADOS A LA TOLERANCIA A SEQUÍA Y SALINIDAD EN AGUACATE (*Persea americana*) MEDIANTE HERRAMIENTAS BIOINFORMÁTICAS

Alma Armenta-Medina[1], Jose Luis Aguirre Noyola[1]*, Javier Mora-Macias[2], Jorge David Cadena Zamudio[1], Marco Antonio Ramírez Mosqueda[1].

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos -INIFAP; [2]MATTIVI México.
*Autor para Correspondencia: aguirre.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Sequia, salinidad, expresión genética.

Introducción

El aguacate (*Persea americana*) es un cultivo estratégico para México tanto por su valor comercial como por su importancia cultural y alimentaria. Sin embargo, su producción enfrenta retos crecientes asociados al cambio climático, particularmente la sequía prolongada y la salinidad (Taramuel-Taramuel *et al*., 2024). A pesar de la necesidad urgente de desarrollar variedades más resistentes a estos factores, la escasa caracterización genómica de materiales con atributos agronómicos deseables y tolerancia a estrés biótico y abiótico ha limitado el avance en la identificación de genes clave para su mejoramiento genético. Este trabajo analiza una estrategia para identificar genes candidatos que confieran tolerancia a este tipo de estrés en aguacate, el primer paso es identificar genes que confieren tolerancia reportados en otras especies (arroz, tomate, soya, trigo) y buscar los genes ortólogos en el genoma de *Persea americana* v2.0 (Rendon-Anaya *et al*., 2019). Un gen ortólogo es aquel que se encuentra en diferentes especies y que ha evolucionado a partir de un mismo ancestro común, conservando funciones similares a lo largo de la evolución, lo que permite inferir roles funcionales a partir de la comparación entre especies. Posteriormente se analizará la expresión de estos genes en las variedades resilientes a sequia como el portainjertos Salazar (Clave CNVVAGE-022-270622) con tolerancia al estrés hídrico (-1.2 Mpa) y el portainjertos Borys (Clave AGE-023-270622) con tolerancia a la salinidad progresiva en el agua de riego, hasta 2,800 mg/L ($NaCl+CaCl_2$) para comparar la expresión de estos con los materiales comerciales menos tolerantes y posteriormente identificar la arquitectura genómica que les confiere esta diferencia de expresión, esto nos permitirá usarlos de marcadores para mejoramiento convencional o molecular mediante edición genética. Es así que el objetivo es identificar genes ortólogos funcionalmente conservados asociados a tolerancia a sequía y salinidad en *P. americana*, como candidatos para programas de mejoramiento genético.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión sistemática de literatura para seleccionar genes con roles validados en tolerancia a sequía/salinidad en arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), soja (*Glycine max*) y tomate (*Solanum lycopersicum*). Las secuencias proteicas correspondientes se obtuvieron de bases de datos de genes (NCBI, UniProt). La búsqueda de ortólogos se realizó mediante BLASTp contra el proteoma de *P. americana*, aplicando umbrales estrictos: E-value ≤ 1e-10, identidad de secuencia ≥ 35%, y cobertura ≥ 70%, a fin de garantizar una alta confiabilidad en la relación ortóloga entre secuencias. La conservación de dominios funcionales se validó con InterProScan. Adicionalmente, se diseñaron oligos para qRT-PCR con temperatura de fusión (Tm) entre 58-62°C y longitud de 18-22 pb usando Primer-BLAST.

Resultados y discusión

Se identificaron seis ortólogos en *P. americana* con alta conservación funcional que describen junto con su función en el Cuadro 1.

Las secuencias de proteínas se pueden consultar los siguientes enlaces que dirigen a la GenBank del NCBI. Estos genes candidatos representan un punto de partida para estudios de expresión diferencial en portainjertos que destacan por su tolerancia a estrés hídrico y salino, lo que permitirá avanzar en el desarrollo de marcadores moleculares aplicables al mejoramiento genético.

- Ortólogo de OsDRO1 en *Persea americana*: **KAJ8648334.1**
  https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/KAJ8648334.1?report=genbank&log$=protalign&blast_rank=1&RID=5E8YPZ9B016
- Ortólogo de OsSAPK2 en *Persea americana*: **KAJ8619114.1**
  https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/KAJ8619114.1?report=genbank&log$=prottop&blast_rank=1&RID=5CBWE39W013

- Ortólogo de TaOPRIII en *Persea americana*: **KAJ8647414.1** https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/KAJ8647414.1?report=genbank&log$=prottop&blast_rank=1&RID=5E67ARTW013
- Ortólogo GmMYB11 en *Persea americana*: **KAJ8617931.1** https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/KAJ8617931.1?report=genbank&log$=protalign&blast_rank=1&RID=5E6VKXA0013
- Ortólogo SlLBD40 en *Persea americana*: **KAJ8619852** https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/KAJ8619852.1?report=genbank&log$=prottop&blast_rank=1&RID=5E7JHUF1013
- Ortólogo SlMAPK3 en *Persea americana*: **KAJ8626781** https://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/KAJ8626781.1?report=genbank&log$=prottop&blast_rank=1&RID=5E8916M8013

Cuadro 1. Ortólogos identificados en aguacate.

Gen origen	Función reportada	Ortólogo en *P. americana*	ID Acceso NCBI	Identidad
OsDRO1	Gravitropismo radicular	LOC124499664	KAJ8635848.1	35%
OsSAPK2	Vía ABA, respuesta a sequía	LOC124499665	KAJ8619114.1	87%
TaOPRIII	Desarrollo radicular vía jasmonato	LOC124499666	KAJ8647414.1	72%
GmMYB11	Regulación transcripcional bajo estrés salino	LOC124499667	KAJ8617931.1	81%
SlLBD40	Formación de órganos laterales	LOC124499668	KAJ8619852.1	76%
SlMAPK3	Respuesta a ROS y estrés térmico	LOC124499669	KAJ8626781.1	71%

Los análisis funcionales revelaron que OsSAPK2 y SlMAPK3 conservan dominios kinasa (S_TKc, Pkinase) esenciales para señalización de estrés. TaOPRIII preserva el dominio oxidorreductasa (IPR002347), crítico en biosíntesis de jasmonatos, los cuales modulan múltiples procesos fisiológicos, incluyendo la activación de genes relacionados con la tolerancia a sequía y salinidad. Genes con baja conservación evolutiva entre dicotiledóneas y monocotiledóneas (e.g., ZmARGOS8, DST) se descartaron por no cumplir umbrales de identidad/cobertura.

Conclusiones

Se validaron seis ortólogos en aguacate como candidatos viables para determinar su expresión tanto en líneas susceptibles como líneas tolerantes a sequía, debido a su papel funcional comprobado en otros cultivos y por su alta identidad y conservación en el genoma del aguacate. El siguiente paso es evaluar la expresión diferencial de estos ortólogos en líneas de aguacate susceptibles y tolerantes a la sequía, para analizar posteriormente los cambios asociados a nivel de arquitectura del genoma e identificar los posibles polimorfismos funcionales que determina la expresión diferencial. Esto permitirá desarrollar estrategias de mejoramiento convencional y/o de edición genética.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece el apoyo del equipo técnico y académico involucrado en la búsqueda y análisis de información. Este trabajo fue financiado parcialmente por el proyecto fiscal “Identificación de genes asociados a la respuesta al déficit hídrico y salinidad en portainjertos de aguacate (*Persea americana*)”.

Referencias bibliográficas

Gabay, G., *et al.* (2023). Dosage differences in *12-OXOPHYTODIENOATE REDUCTASE* genes modulate wheat root growth. *Nat Commun* **14**, 539.

Lou, D., Wang, H., Liang, G., & Yu, D. (2017). OsSAPK2 confers abscisic acid sensitivity and tolerance to drought stress in rice. *Frontiers in plant science*, *8*, 993.

Rendón-Anaya M *et al*. (2019), The avocado genome informs deep angiosperm phylogeny, highlights introgressive hybridization, and reveals pathogen-influenced gene space adaptation, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 116 (34) 17081-17089.

Taramuel-Taramuel, J. P., *et al* (2024). Challenges in the avocado production chain in Latin America: A descriptive analysis. *Agronomía Colombiana*, 42(2), e113982-e113982.

Yu, W., Wang, L., Zhao, R. *et al.* Knockout of *SlMAPK3* enhances tolerance to heat stress involving ROS homeostasis in tomato plants. *BMC Plant Biol* 19, 354 (2019).

CALLOGÉNESIS EN EXPLANTES FOLIARES DE GENOTIPOS MEXICANOS DE *Solanum tuberosum* L. PRECULTIVADOS EN ÁCIDO SALICÍLICO

Diana Yatzil Reyes-Araujo[1], Martha Elena Mora-Herrera[2]*, Ebandro Uscanga-Mortera[1], Carlos Trejo[1], Humberto Antonio López-Delgado[3] y José Rodolfo García-Nava[1]

[1]Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, km 36.5, Carretera México-Texcoco, Montecillo, 56264, Texcoco, Estado de México. [2]Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal, Centro Universitario UAEM Tenancingo, Carretera Tenancingo-Villa Guerrero, km 1.5, C.P. 52400, Tenancingo, Estado de México. [3]Laboratorio de Fisiología y Biotecnología. Programa Nacional de Papa INIFAP. Conjunto SEDAGRO Metepec, Estado de México.
*Autor para correspondencia marthaelenam@gmail.com

Palabras clave: Propagación *in vitro*, papa, morfogénesis.

Introducción

Los cultivos de importancia económica y alimentaria enfrentan actualmente diversos desafíos, lo que impacta directamente en la seguridad alimentaria. En este contexto es fundamental desarrollar estrategias sostenibles que incrementen la disponibilidad de alimentos de calidad, tal como se establece en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2025–2030 (Gobierno de México, 2024), específicamente en el eje central 4, “Desarrollo sustentable”, que además se ajusta al Objetivo de Desarrollo Sostenible “hambre cero” propuesto por la FAO.

Uno de los cultivos prioritarios es *Solanum tuberosum* L. El Programa Nacional de Papa del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; dependiente de la SADER), trabaja en el mejoramiento del cultivo para la generación de nuevas variedades mexicanas con tolerancia a enfermedades y alto valor nutricional. Con ello se pretende hacer sustentable el cultivo, reducir la dependencia de variedades extranjeras, y reducir tanto los costos de producción como el uso de agroquímicos (INIFAP, 2023).

Sin embargo, el mejoramiento tradicional puede llevar más de 8 años. En este sentido, la biotecnología vegetal ofrece alternativas más rápidas y eficaces, como la organogénesis indirecta que permite la generación de variación somaclonal espontánea, y/o la inducción de mutaciones útiles para la selección de características agronómicas deseables. Esta selección puede realizarse *in vitro* y/o *ex vitro*; con el propósito de mejorar la adaptación y tolerancia a factores ambientales, favorecer el cultivo masivo, y al mismo tiempo aumentar la variabilidad genética (Gutiérrez *et al.,* 2003), pero, estas técnicas pueden presentan algunas dificultades.

El cultivo *in vitro* suele inducir un alto grado de estrés fisiológico desde las primeras etapas, debido a factores como la manipulación del explante, la exposición a un nuevo entorno hormonal y nutricional, y la exposición a reguladores del crecimiento vegetal. A ello se suman condiciones abióticas adversas, como presiones osmóticas elevadas, luz, temperatura etc., que pueden comprometer la viabilidad celular y el desarrollo morfogénico del material vegetal (George *et al*., 2008).

Diversos trabajos han demostrado que el ácido salicílico puede inducir tolerancia al estrés abiótico mediante la activación de rutas de señalización de defensa y la regulación de diversos procesos fisiológicos en las plantas. En cultivo *in vitro* se ha observado que este compuesto reduce la oxidación de los explantes utilizados en la morfogénesis y favorece el proceso de organogénesis (Hernández-Bello y Mora-Herrera, 2021). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar explantes foliares provenientes de microplantas cultivadas en ácido salicílico para la callogénesis de papa.

Materiales y métodos

Sitio experimental y material vegetal: el presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal del Centro Universitario UAEM Tenancingo. Se utilizaron microplantas de la variedad Citlali y del clon avanzado 676004, ambos libres de virus, proporcionados por el Laboratorio de Fisiología-Biotecnología del Programa Nacional de Papa, sitio experimental Metepec, INIFAP.

Precultivo en AS: explantes de tallo de microplantas de papa se cultivaron en medio MS (Murashige y Skoog) adicionado con ácido salicílico 0, 10^{-5} y 10^{-6} M, y se mantuvieron en el medio por 30 días con un fotoperiodo de 16 horas, a una temperatura de 20 ± 1 °C.

Inducción de callogénesis: para la inducción de callo se utilizaron explantes foliares de 5 mm de diámetro (incluyendo la vena media) de las microplantas precultivadas en AS. Cada explante se colocó con la superficie abaxial en contacto con el medio de cultivo MS, suplementado con 3 mg/L de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D; auxina) y 1mg/L de 6-Bencilaminopurina (BAP; citoquinina) como reguladores del crecimiento. El explante se mantuvo en el medio por 60 días con un fotoperiodo 16 horas, a una temperatura de 20 ± 1 °C.
A los 60 días se evaluó el porcentaje de inducción de callos (PCI: número de explantes que formaron callo/ total de explantes cultivados x 100). Se realizó una evaluación cualitativa del color y textura (friabilidad o no friabilidad). Se determinó la producción de callo a partir del peso fresco (g), registrado inmediatamente después de ser retirado del medio, utilizando una balanza analítica.
Diseño experimental y análisis estadístico: el experimento se arregló en un diseño completamente al azar, con 3 repeticiones por tratamiento cada una con 20 unidades experimentales siendo estas un tubo de ensayo con un explante. Los datos obtenidos fueron analizados con un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza de 95 %, utilizando el software estadístico Infostat versión 2008.

Resultados y discusión
El porcentaje de formación de callo fue del 100 % en todos los tratamientos tanto para la variedad Citlali como para el clon avanzado 676004. Este resultado demuestra la eficacia del balance de reguladores del crecimiento utilizado, en particular del 2,4-D (3 mg/L), cuya función principal es estimula la proliferación celular y la formación de tejido indiferenciado (George *et al*., 2008).
Con respecto a la textura, el 100 % de los callos obtenidos fueron del tipo compacto (no friables) en todos los tratamientos. Este tipo de textura es deseable para fines de organogénesis, ya que la textura friable suele presentar problemas en su manejo. El uso de explantes de hoja junto con el balance de 3/1 mg/L de 2,4-D/BAP, es una estrategia efectiva para obtener callos compactos en microplantas de papa (Figura 1).
En cuanto al color, los callos provenientes de explantes foliares de la variedad Citlali mostraron inicialmente una coloración verde y al ir desarrollándose se torna de color morado intenso; en contraste los callos del clon avanzado 676004 mantuvieron una coloración verde durante todo el proceso (Figura 1). Estas diferencias podrían estar asociado a la pigmentación rojiza-morada de los tallos y la piel de los tubérculos propia de la variedad Citlali. Los callos a pesar de estar formados por células indiferenciadas conservan las características de la planta madre de la que provienen, lo que sugiere que algunos rasgos fenotípicos pueden conservarse incluso en tejidos indiferenciados.

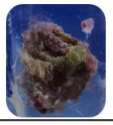
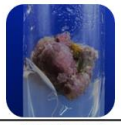
Material vegetal	Concentración de AS (M)		
	0	10^{-6}	10^{-5}
Variedad Citlali			
Clon avanzado 676004			

Figura 1. Color y textura de callos de la variedad Citlali y el clon avanzado 676004 a los 60 días del cultivo.

En el peso fresco de los callos de la variedad Citlali, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con ácido salicílico (AS) y el testigo. Pero se destaca una ligera tendencia al incremento en el tratamiento precultivado en 10^{-6} M de AS con un aumento del 13 % respecto al testigo. Los callos de la variedad Citlali presentaron un menor peso con respecto al clon avanzado 676004, especialmente en los tratamientos precultivados en AS. En el clon avanzado 676004, los callos obtenidos a partir de explantes precultivados en AS mostraron un incremento significativo en el peso fresco en comparación con el testigo de entre 34 y 54% (Figura 2). Estos resultados evidencian una respuesta diferencial en la callogénesis entre variedades de papa, y sugieren que el AS favorece el crecimiento de callos, de manera dependiente del material genético utilizado.

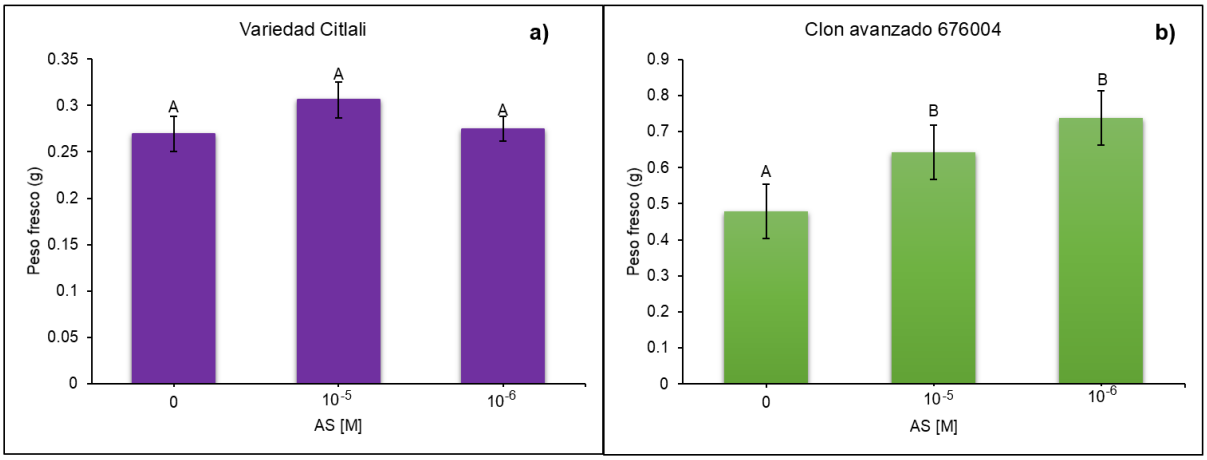


Figura 2. Peso fresco de los callos provenientes de explantes foliares de microplantas precultivadas en AS, de la variedad Citlali (a) y del clon avanzado 676004 (b). Las barras indican el promedio de tres repeticiones cada tratamiento ± E.S (n = 60).

Los resultados indican una respuesta diferencial entre variedades de *Solanum tuberosum* en el proceso de inducción de callo, aun en los mismos tratamientos. Además, el AS tiene potencial como inductor del crecimiento del callo en ciertos genotipos.

Conclusiones

El explante de hoja en el balance de 3 mg/L de 2,4-D y 1mg/L de BAP induce al 100% callos con textura no friables. El precultivo con AS incrementó significativamente el peso fresco de los callos, con una respuesta diferencial entre los genotipos 676004 y Citlali.

Referencias bibliográficas

George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2008). *Plant propagation by tissue culture* (3rd ed.). Springer. file:///C:/Users/memor/Downloads/978-1-4020-5005-3.pdf

Gobierno de México. (2024). *Programa Nacional de Semillas 2024–2030*. SADER. https://www.gob.mx/agricultura/documentos/programa-nacional-de-semillas-2024-2030

Gutiérrez, A., Santacruz, F., Cabrera, J. L., & Rodríguez, B. (2003). Mejoramiento genético vegetal *in vitro*. *e-Gnosis*, (1), 0. file:///C:/Users/memor/Downloads/Mejoramiento_genetico_vegetal_in_vitro.pdf

Hernández-Bello M., & Mora-Herrera M. E. (2021). Evaluación de raíz de microplantas de *Laelia autumnalis* precultivadas en ácido salicílico en la organogénesis. 3º congreso Mexicano de Fisiología Vegetal, 1º congreso internacional, Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2023). SEGOB | 09 de marzo de 2023. Variedades de papa con tolerancia a enfermedades (Consultado 9 de abril 2025). Recuperado de: https://www.gob.mx/inifap/articulos/variedades-de-papa-con-tolerancia-a-enfermedades?idiom=es

USO DE BRASINOSTEROIDES Y CALCIO PARA LA GENERACIÓN DE ESTRUCTURAS AÉREAS VEGETALES EN CULTIVO *in vitro* DE AGUACATE

Magali Ruiz Rivas[1], Lorena Jacqueline Gómez Godínez[2*], Alejandro García Ramírez[1], Luis Mario Tapia Vargas[1], Bernabé Ascencio Alberto[3]

[1]INIFAP C.E. Uruapan, [2]CNRG, [3]UMSNH.
*Autor para correspondencia: gomez.lorena@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fitorreguladores, propagación masiva, explantes.

Introducción

Los brasinosteroides (BR) son un grupo de fitohormonas esteroides polihidroxiladas útiles en el desarrollo, crecimiento y productividad de las plantas. Estas hormonas participan en la regulación de la división, elongación y diferenciación celular a lo largo de todo el ciclo de vida de la planta. Son considerados dentro de las hormonas vegetales más importantes y ejercen sus efectos en concentraciones a nivel micro (Kanwar *et al*., 2017). Su relevancia, especialmente en condiciones *in vitro*, radica en su uso para numerosos estudios con el fin de analizar respuestas en plantas destinadas a mejorar diversos procesos de desarrollo, fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, sin la influencia de factores climáticos, nutrientes o enfermedades. Los BR promueven y aumentan la tasa de regeneración y multiplicación vegetal mediante la inducción del crecimiento de callos, embriones somáticos, elongación de brotes, formación de tejido embriogénico, estimulación de la elongación de ramas, entre otros. Esto permite utilizarlos en técnicas de propagación clonal de especies vegetales para generar de forma rápida y eficiente plantas libres de enfermedades, provenientes de variedades mejoradas reduciendo tiempo y espacio en los protocolos de propagación masiva. Por otro lado, el calcio es un nutriente esencial utilizado en el cultivo *in vitro* de plantas, se considera crucial para el desarrollo de la pared celular y la integridad estructural de las células vegetales. En condiciones *in vitro*, el calcio contribuye a la formación de nuevas paredes celulares y membranas, además de estabilizar las estructuras celulares existentes. Una adecuada disponibilidad de calcio es esencial para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas cultivadas *in vitro*.
Aunque ya se conocen algunas respuestas de cultivos como algodón, maíz, tomate y tabaco a la acción de los BR (Singh *et al*., 2021); aún no se ha explorado el campo del aguacate bajo condiciones *in vitro* por lo que el objetivo de este trabajo fue comparar diferentes formulaciones de medios de cultivo con BR, Ca, y fitohormonas para su utilización en los procesos de estandarización de un protocolo de propagación clonal masiva. La adición de BR en el medio de cultivo junto con los fitorreguladores Metatopolina y ácido giberélico 3 favorecieron la longitud de brotes en los explantes de aguacate bajo condiciones *in vitro*.

Materiales y métodos

Explantes de aguacate criollo (*Persea americana* var. *drymifolia*) de 7 días desarrollados bajo condiciones *in vitro* fueron colocados en los 4 diferentes medios de cultivo formulados, utilizando como medio basal Woody Plant Medium (WPM) bajo condiciones de esterilidad. Cada tratamiento contó con al menos dos repeticiones biológicas. Los diferentes tratamientos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados para la generación de estructuras aéreas (brotes y hojas) en explantes de aguacate en condiciones *in vitro*.

	Metatopolina (MT 0.1mg L^{-1})	Ácido Giberélico 3 (AG3 0.1mg L^{-1})	Brasinosteroides (BR 2mg L^{-1})	Ca^{++} (100 mg L^{-1})
Tratamiento 1 (T1)	●	●		
Tratamiento 2 (T2)	●	●	●	
Tratamiento 3 (T3)	●	●		●
Tratamiento 4 (T4)	●	●	●	●

Se realizaron registros fotográficos y mediciones de la longitud de brotes y conteo de hojas a los 40 días después de que los explantes fueran colocados en los diferentes tratamientos. Una vez colectados los datos estos fueron analizados mediante un análisis de varianza con el programa SAS 9.0 y aquellos que

mostraron diferencia estadística significativa se sometieron a una prueba de comparación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad

Resultados y discusión

Este estudio demostró que los Brasinosteroides tienen un alto potencial para inducir la proliferación de yemas de brotes en explantes en aguacate bajo condiciones *in vitro*. El tratamiento donde se presentaron los brotes con mayor longitud a los 40 días fue en el T2 (MT+AG3+BR), aunque la sola aplicación de Ca^{++} en el T3 (MT+AG3+Ca^{++}) y la mezcla de Ca^{++} con BR en el T4 (MT+AG3+Ca^{++}+BR) en el medio basal no presentaron diferencia significativa en la longitud de los brotes sí hubo diferencias entre el uso tratamiento con BR con respecto a la condición sin BR ni Ca^{++} (T1), dichos resultados se observan en la Figura 1.

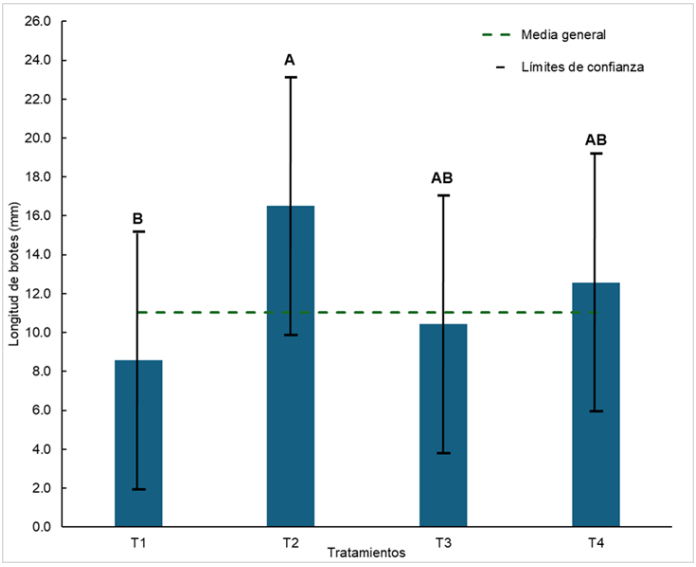


Figura 1. Análisis de varianza de la longitud de brotes (mm) en los explantes de aguacate en condiciones *in vitro* entre los diferentes tratamientos.

Los brasinosteroides tienen varias actividades biológicas, tales como inducir la elongación y la división celular (crecimiento tisular) cuando se aplican a concentraciones muy bajas, por estas razones, son considerados hormonas vegetales (Jager *et al*., 2005); desde los años 90´s se les atribuye la importancia de ser tan esenciales para el desarrollo normal de las plantas como sus contrapartes hormonales más conocidas, tales como las auxinas, las citoquininas y las giberelinas (Bishop, 2003; Clouse & Sasse, 1998); es por esto que al aplicarse en el medio de cultivo favoreció el desarrollo de estructuras vegetales (brotes), sin embargo, aún se requiere ajustar concentraciones óptimas para la proliferación de hojas, ya que no hay diferencia estadística en el número de estas bajo algún tratamiento (Cuadro 2). Los resultados del análisis de varianza indican que existieron diferencias estadísticas significativas para la variable longitud de brote ($p<0.05$), mientras que la variable número de hojas no presentó diferencias entre tratamientos.

Cuadro 2. Resultados de análisis de varianza de la generación de estructuras vegetales aéreas generadas en los explantes de aguacate en condiciones *in vitro* bajo diferentes tratamientos con fitorreguladores y calcio.

Tratamiento	Longitud de brotes	Número de hojas por explante
T1 (MT+AG3)	8.6 B	1.4 A
T2 MT+AG3+BR	16.5 A	1.5 A
T3 (MT+AG3+BR)	10.4 AB	1.3 A
T4 (MT+AG3+BR+Ca^{++})	12.6 AB	2.1 A
DMS	6.6	1.1

Aunque el calcio es un nutriente esencial para el desarrollo de las plantas, este desempeña roles estructurales y funcionales clave además de participar en la división celular, la absorción de nutrientes y la

regulación de procesos fisiológicos como la apertura y cierre de estomas no pareció haber efecto en la generación de estructuras aéreas en los explantes de aguacate al aplicar Ca^{++} en los diferentes medios de cultivo, posiblemente el calcio adicionado en los medios funcionó de manera estructural y no en la formación de tejidos celulares vegetales. En la Figura 2 se muestran fotografías representativas de los explantes con estructuras aéreas vegetales en los diferentes tratamientos.

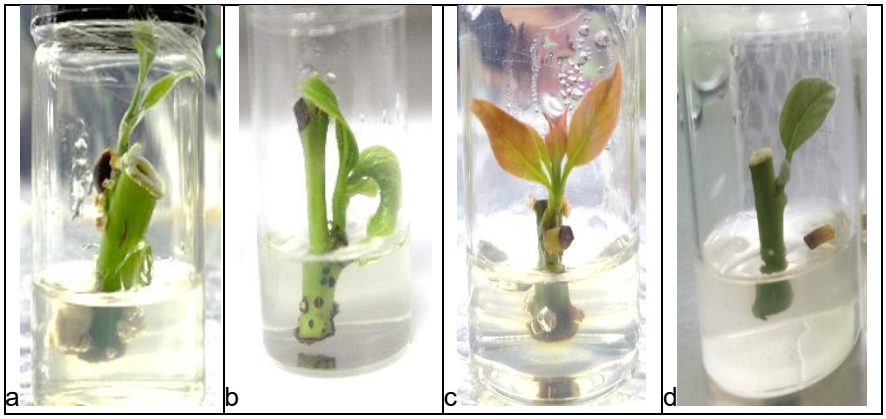


Figura 2. Presencia de brotes y hojas en los explantes de aguacate en condiciones *in vitro* bajo los diferentes tratamientos a) T1= MT+AG3; b) T2=MT+AG3+BR, c) T3=MT+AG3+Ca^{++}, d) T4=MT+AG3+BR+Ca^{++}.

Conclusiones

La aplicación de brasinosteroides en el medio de cultivo adicionado con metatopolina y ácido giberélico en condiciones *in vitro* favorece la elongación de brotes en explantes de aguacate, no así la proliferación de hojas. Estos resultados forman parte de un protocolo de estandarización de propagación clonal de aguacate.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los datos mostrados en este estudio fueron resultado del proyecto fiscal titulado “Estandarización de un protocolo de propagación clonal de portainjertos de aguacate resistentes a enfermedades del sistema radical” con número de SIGI 12573736530.

Referencias bibliográficas

Bishop, G. J. (2003). Brassinosteroid Mutants of Crops. Journal of Plant Growth Regulation, 22(4), 325–335. https://doi.org/10.1007/s00344-003-0064-1

Clouse, S. D., & Sasse, J. M. (1998). BRASSINOSTEROIDS: Essential Regulators of Plant Growth and Development. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 49(1), 427–451. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.427

Jager, C. E., Symons, G. M., Ross, J. J., Smith, J. J., & Reid, J. B. (2005). The brassinosteroid growth response in pea is not mediated by changes in gibberellin content. Planta, 221(1), 141–148. https://doi.org/10.1007/s00425-004-1454-8

Kanwar, M. K., Bajguz, A., Zhou, J., & Bhardwaj, R. (2017). Analysis of Brassinosteroids in Plants. Journal of Plant Growth Regulation, 36(4), 1002–1030. https://doi.org/10.1007/s00344-017-9732-4

Singh, A., Dwivedi, P., Kumar, V., & Kumar Pandey, D. (2021). Brassinosteroids and their analogs: Feedback in plants under in vitro condition. South African Journal of Botany, 143, 256–265. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.008

MICROPROPAGACIÓN DE UN HÍBRIDO DE *Laeliocattleya*

Jorge David Cadena-Zamudio[1]*, Marco Antonio Ramírez-Mosqueda[1], Esmeralda Judith Cruz-Gutiérrez[1], Gabriela Sandoval-Cancino[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, CNRG-INIFAP.
*Autor para correspondencia: cadena.jorge@inifap.gob.mx

Palabras clave: micropropagación, sistemas de inmersión temporal, vainilla.

Introducción

Los miembros de la familia Orchidaceae son apreciados ornamentalmente por la complejidad y colorido de sus flores. Las orquídeas cuentan con alto valor económico por unidad en comparación de otras especies vegetales, sin embargo, su propagación está limitada por la baja tasa de germinación de semillas de manera natural (Ketsa y Warrington, 2021). Aunado a esto, la propagación vegetativa requiere de grandes lapsos de tiempo para poder generar propágulos comerciales. Las técnicas biotecnológicas como el cultivo de tejidos vegetales, han permitido desde hace algunos años el aumento en la propagación de orquídeas (Tiwari *et al*., 2024). La micropropagación de especies vegetales, consiste en obtener el mayor número de brotes/plantas a partir de una sección de la planta madre llamado "explante". Para ello, se utiliza un medio de cultivo artificial, en condiciones de incubación controladas y condiciones asépticas (Mishra *et al*., 2025). Sin embargo, el tipo y concentración de regulador del crecimiento vegetal utilizado condiciona en gran medida la respuesta morfogenética que se obtendrá. En este sentido, la meta-Topolina es una citocina que ha sido efectiva en la multiplicación *in vitro* de brotes de diferentes especies vegetales, sin embargo, su uso en orquídeas es reducido. Por tal motivo, el objetivo de este estudio fue realizar la propagación *in vitro* con el uso de meta-Topolina de un híbrido de *Laeliocattleya Canhamiana*, hibrido con un alto costo en el mercado ornamental.

Material y métodos

Material vegetal: plantas *in vitro* de *Laeliocattleya Canhamiana* f. *coerulea* 'Azure Sky' previamente establecidas en condiciones *in vitro* a partir de semillas fueron utilizadas como fuente de explantes.
Multiplicación del material vegetal: las plántulas fueron transferidos a medio MS adicionado con 30 g L^{-1} de sacarosa, 2 mg L^{-1} de 6-Bencilaminopurina y 2 g L^{-1} de carbón activado. Se ajusto el pH de los medios a 5.8, se agregaron 2.5 g L^{-1} de Phytagel® como agente gelificante. Los medios de cultivo fueron esterilizados en una autoclave a 1.5 kg cm^{-2} y 121 °C por 15 minutos. Los cultivos fueron mantenidas a 24 ± 2 °C en un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad, con una irradiación lumínica de 50 µmol m^{-2} s^{-1}.
Efecto de la meta-topolina en la propagación *in vitro*: brotes individuales de un híbrido de *Laeliocattleya Canhamiana* de 1 cm de longitud fueron transferidos a medio MS adicionado con 30 g L^{-1} de sacarosa, 1 mg L^{-1} ácido naftalenacético ANA. Se evaluaron diferentes concentraciones de metatopolina (mT: 0, 0.5, 1.0 y 1.5 mg L^{-1}). Se ajusto el pH de los medios a 5.8, se agregaron 2.5 g L^{-1} de Phytagel® como agente gelificante. Los medios de cultivo fueron esterilizados en una autoclave a 1.5 kg cm^{-2} y 121 °C por 15 minutos. Los cultivos fueron mantenidas a 24 ± 2 °C en un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 de oscuridad, con una irradiación lumínica de 50 µmol m^{-2} s^{-1}. Al cabo de 30 días de cultivo se evaluó el número de brotes por explante, longitud de los brotes, número de hojas, número y longitud de raíces.
Análisis estadísticos: *e*n todos los experimentos se utilizó un diseño completamente al azar. Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente con el software IBM SPSS Statistics (versión 21). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) seguido de una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), con el fin de saber si existe una diferencia significativa entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Efecto de la meta-topolina en la propagación *in vitro*: al cabo de 30 días de cultivo se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 1). El mayor número de brotes (5.00 brotes por explante) se observó en el tratamiento 1.0 mg L^{-1} de mT, seguido de 4.88 brotes en 0.5 mg L^{-1} de mT y de 4.11 brotes en 1.5 mg L^{-1} de mT (Figura 2). El tratamiento con el menor número de brotes fue el tratamiento testigo. En cuanto a la longitud de los brotes, se presentó mayor longitud en el tratamiento testigo con 0.43 cm, seguido de 0.36 cm en 0.5 mg L^{-1} de mT. Para el número de hojas se percibió mayor cantidad en el tratamiento 0.5 mg L^{-1} de mT, con 2.56 hojas en promedio, posteriormente 2.53 hojas con el tratamiento 1.0 mg L^{-1} de mT

y después el testigo con 2.50 hojas. Para el número de raíces observó el número más alto en el tratamiento 0.5 mg L^{-1} de mT con 3.33 raíces, seguido del testigo con 2.88 raíces. Para la longitud de raíces se presenta la mayor extensión de 0.70 cm en el tratamiento 0.5 mg L^{-1} de mT, mientras que le sigue el tratamiento 1.5 mg L^{-1} de mT, con 0.53 cm y finalmente en empate los tratamientos de 1.0 mg L^{-1} de mT y el testigo, con la longitud de 0.51 cm.

Cuadro 1. Efecto de la meta-topolina en la propagación *in vitro* de un híbrido de *Laeliocattleya.*

mT (mg L^{-1})	Número de brotes	Longitud de brotes (cm)	Número de hojas	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)
0	2.77 ± 0.59b	0.43 ± 0.08a	2.50 ± 0.49a	2.88 ± 0.80a	0.51 ± 0.11b
0.5	4.88 ± 1.27a	0.36 ± 0.02a	2.56 ± 0.22a	3.33 ± 0.81a	0.70 ± 0.11a
1.0	5.00 ± 0.91a	0.31 ± 0.03a	2.53 ± 0.24a	2.66 ± 0.88a	0.51 ± 0.17a
1.5	4.11 ± 0.88a	0.30 ± 0.01a	2.46 ± 0.19a	2.22 ± 0.64b	0.53 ± 0.14a

Los valores representan la media ± error estándar. Los valores seguidos de letra diferente denotan diferencias estadísticas significativas según (Tukey, $P \leq 0,05$).

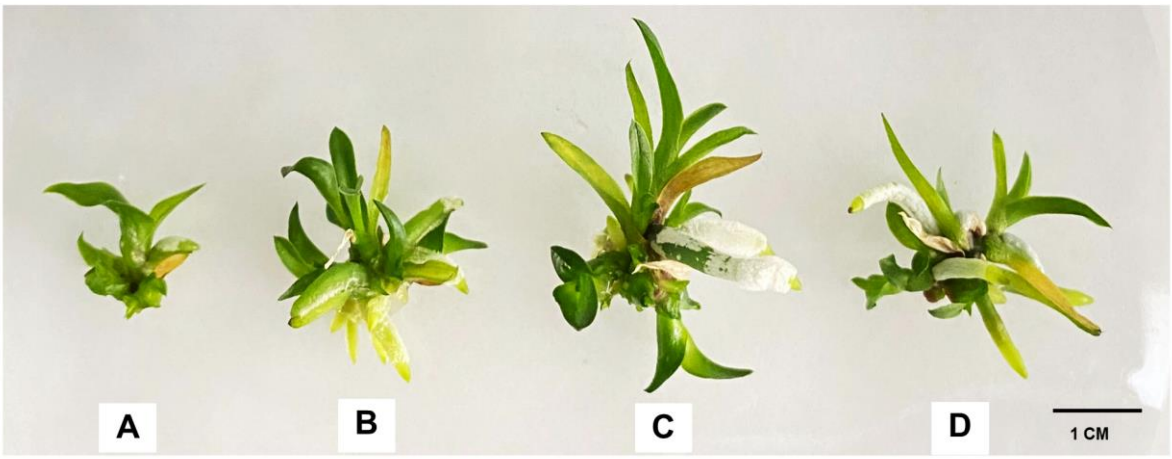


Figura 1. Efecto de la metatopolina en la multiplicación *in vitro* de un híbrido de *Laeliocattleya* al cabo de 30 días de cultivo. A) MS + 0 mg L^{-1} de mT, B) MS + 0.5 mg L^{-1} de mT, C) MS + 1.0 mg L^{-1} de mT y D) MS + 1.5 mg L^{-1} de mT.

El cultivo y venta de orquídeas es sumamente redituable debido a los altos costos por unidad que llegan a presentar. Sin embargo, las orquídeas presentan problemas reproductivos sexuales (por semilla) y asexuales (por esquejes) que no permiten una eficiente obtención de propágulos comerciales (Anghelescu *et al*., 2023). En la actualidad existen técnicas innovadoras como el cultivo de tejidos vegetales que nos permiten aumentar la propagación de orquídeas. Sin embargo, es necesario identificar el mejor medio de cultivo, tipo y concentración de reguladores del crecimiento vegetal y condiciones de incubación para lograr la mayor tasa de proliferación de brotes (Mishra *et al*., 2024). El uso de mT en el medio de cultivo ofrece las ventajas de contrarrestar los efectos de la hiperhidricidad que causa el uso de BAP, evitar la necrosis de los brotes al contener un grupo hidroxilo que permite la reversión de O-glucósidos generados por el uso de BAP, evitar la formación de quimeras y el no inhibir la formación de raíces durante la aclimatización (Cardoso, 2021).

Conclusiones

Se logró la multiplicación *in vitro* de un híbrido de *Laeliocattleya Canhamiana*, orquídea con alto valor ornamental. El uso de meta-Topolina favoreció la formación *in vitro* de brotes adventicios. Además de la formación de raíces, lo cual, contribuirá a la aclimatización de las plantas obtenidas en condiciones de invernadero. Estos resultados permitirán aumentar la propagación de esta orquídea, favoreciendo la obtención de propágulos comerciales.

Agradecimientos y fuente financiadora
Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y al Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG-INIFAP) por el respaldo institucional brindado para el desarrollo de este estudio. La presente investigación fue realizada con recursos propios del CNRG-INIFAP.

Referencias bibliográficas

Anghelescu, N. E., Vafaee, Y., Ahmadzadeh, K., & Chen, J. T. (2023). Asymbiotic seed germination in terrestrial orchids: problems, progress, and prospects. *Advances in orchid biology, biotechnology and omics*, 221-260.

Cardoso JC (2021) Meta-topolins: *In Vitro* Responses and Applications in Large-Scale Micropropagation of Horticultural Crops. In: Ahmad N, Strnad M (eds) Meta-topolin: A Growth Regulator for Plant Biotechnology and Agriculture. Springer, Singapore, pp. 203-219.

Ketsa, S., & Warrington, I. J. (2023). The Dendrobium orchid: botany, horticulture, and utilization. *Crop Science*, *63*(4), 1829-1888.

Mishra, S., Ekka, S. K., Kushwaha, A., & Kujur, R. (2024). A review on plant tissue culture. *Asian J. Biol*, *20*(2), 14-18.

Tiwari, P., Sharma, A., Bose, S. K., & Park, K. I. (2024). Advances in orchid biology: biotechnological achievements, translational success, and commercial outcomes. *Horticulturae*, *10*(2), 152.

Agave lechuguilla COMO FUENTE DE RIZOBACTERIAS DE IMPORTANCIA AGRÍCOLA

Miguel Ángel Pérez-Rodríguez[1]*, Lucía Rosales-Marines[2], Lihua Wei[3], Valentín Robledo-Torres[4], Silvia Yudith Martínez-Amador[1], Carolina Herrera-Ramos[5]

[1]Depto. de Botánica-UAAAN; [2]Estudiante Prog. Doctorado REFIZA-UAAAN; [3]CBG-IPN; [4]Depto. de Horticultura-UAAAN; [5]Estudiante de Ing. en Biotecnología-UAAAN.
*Autor para correspondencia: miguel_cbg@hotmail.com

Palabras clave: Rizobacterias, *Agave lechuguilla*, zonas áridas.

Introducción

Las plantas que crecen en regiones áridas se enfrentan a estrés abiótico prolongado, como la limitación de agua, acumulación de sales en el suelo, altas temperaturas, exceso de radiación, entre otros. Estas plantas seleccionan consorcios bacterianos especiales asociados a sus raíces, los cuales están dotados de capacidades promotoras del crecimiento vegetal y de mecanismos que les ayudan a adaptarse a dichas condiciones adversas. Varias especies del género *Agave* están ampliamente distribuidas en los ecosistemas áridos. Se ha sugerido que el microbioma de estas especies es responsable de su adaptabilidad a los ambientes oligotróficos del Desierto Chihuahuense (1, 2, 3).
El objetivo de este trabajo fue aislar rizobacterias asociadas a la raíz de *Agave lechuguilla*, y determinar la capacidad de fijación de nitrógeno (N_2) y solubilización de fosfatos de dichas cepas.

Materiales y métodos

Se colectaron dos plantas de *A. lechuguilla* en el municipio de Saltillo, Coahuila, conservando la mayor parte de la raíz. Para el aislamiento de rizobacterias se usó el método propuesto por Barillot *et al* (3). Las soluciones de bacterias, fueron diluidas serialmente y se inocularon en los medios de cultivo: R2A, R2A+NaCl, LB y TSA, con 3 repeticiones por cada uno. Las colonias resultantes fueron agrupadas considerando su morfología (forma, elevación, margen y color). Se seleccionó una bacteria de cada grupo morfológico para realizar las pruebas de fijación de nitrógeno en medio de cultivo semisólido Nitrogen Free broth (NFb) (4), y la prueba de solubilización de fosfatos sembrando las cepas seleccionadas en placas de agar Pikovskaya (PKS).

Resultados y discusión

Se encontró que el medio TSA favoreció un mayor crecimiento bacteriano, particularmente de la rizósfera (Figura 1, A), mientras que el medio R2A+NaCl promovió un mayor número de colonias del rizoplano (Figura 1, B). La eficiencia del aislamiento de cepas según su morfología varió según el medio de cultivo y la fuente de muestreo; el medio LB permitió recuperar el mayor número de cepas de rizobacterias, seguido de los medios R2A y TSA, mientras que R2A+NaCl mostró una recuperación intermedia de cepas, indicando la presencia de bacterias, posiblemente, adaptadas a condiciones áridas. Respecto a las fuentes, la rizósfera mostró la mayor diversidad bacteriana (Cuadro 1). El 88% de las cepas evaluadas presentaron capacidad de fijación de nitrógeno, con predominio en cepas rizosféricas (Cuadro 2), en tanto que el 11% solubilizaron fósforo inorgánico, principalmente también en cepas de la rizósfera (Cuadro 3). En conjunto, los resultados indican que varias de las cepas poseen capacidades clave para la agricultura sostenible, especialmente en suelos de baja fertilidad.

Conclusiones

TSA ha sido el medio de cultivo donde más se han encontrado cepas de bacterias positivas a fijación de nitrógeno, seguido del medio R2A; para el caso de solubilización de fosfatos, R2A es el medio donde más han proliferado cepas positivas a dicha prueba. Los siguientes pasos del trabajo involucran la caracterización molecular para identificar las cepas y determinación de otras características como la producción de ácido indolacético y de 1-aminociclopropano-1-carboxilato desaminasa, así como determinar el efecto de estos aislados en cultivos en invernadero.

Agradecimientos

Al CONAHCYT por el financiamiento de este trabajo por medio del proyecto A1-S-44946.
A la UAAAN por el financiamiento de este trabajo por medio de proyecto institucional 2445.

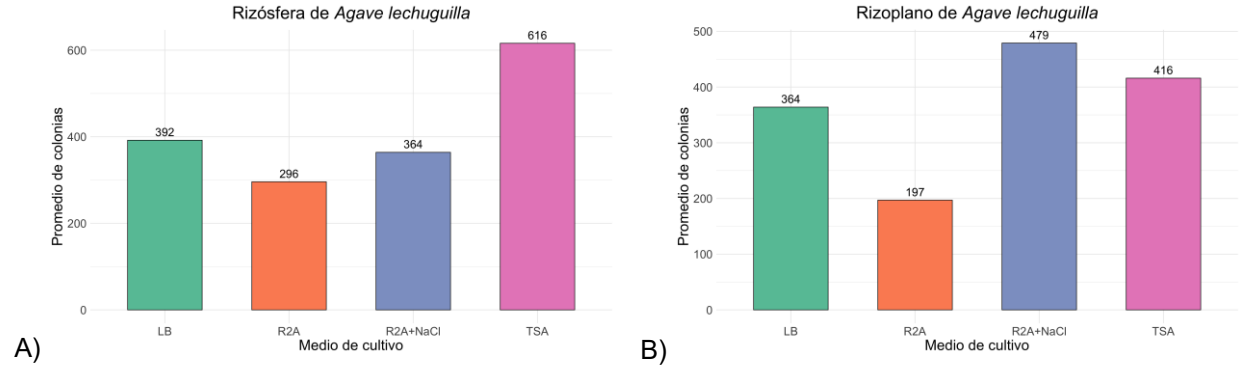


Figura 1. Promedio de colonias bacterianas por medio de cultivo en rizósfera (A) y rizoplano (B) de *Agave lechuguilla*.

Cuadro 1. Total de cepas aisladas de *Agave lechuguilla* por cada medio de cultivo.

Fuente	Total de cepas aisladas	Medio de cultivo			
		R2A	R2A+NaCl	LB	TSA
Rizósfera	41	10	10	10	11
Rizoplano	23	6	5	7	5
Totales	64	16	15	17	16

Cuadro 2. Resultados de la prueba de fijación de nitrógeno en medio NFb.

Fuente	Prueba de fijación de nitrógeno (medio NFb)			Número de cepas positivas a la prueba en cada medio de cultivo			
	No. de cepas a las que se les ha realizado la prueba	No. de cepas que han dado positivo a la prueba	Porcentaje de cepas positivas a la prueba	R2A	R2A+NaCl	LB	TSA
Rizósfera	41	36	88%	10	9	6	11
Rizoplano	23	20	87%	6	5	5	4
Totales	64	56	88%	16	14	11	15

Cuadro 3. Resultados de la prueba de solubilización de fosfatos en agar PKS.

Fuente	Prueba de fijación de nitrógeno (medio NFb)			Número de cepas positivas a la prueba en cada medio de cultivo			
	No. de cepas a las que se les ha realizado la prueba	No. de cepas que han dado positivo a la prueba	Porcentaje de cepas positivas a la prueba	R2A	R2A+NaCl	LB	TSA
Rizósfera	41	5	12%	4	1	0	0
Rizoplano	23	2	9%	0	1	0	2
Totales	64	7	11%	4	2	0	2

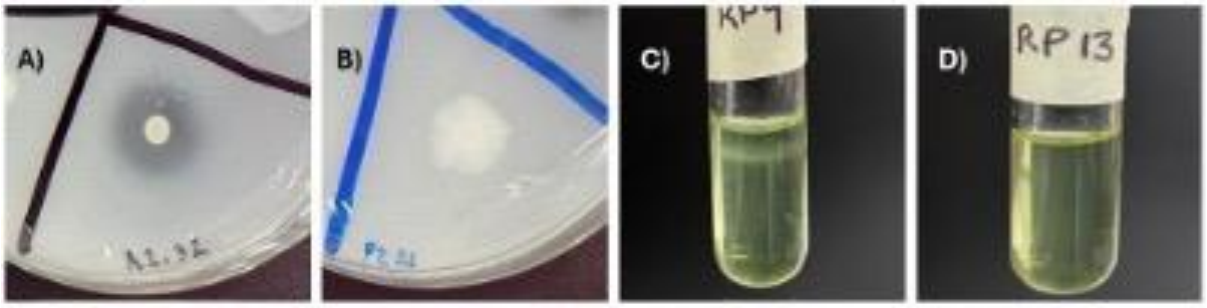


Figura 2. Cepas bacterianas positivas (A, C) y negativas (B, D) en pruebas de solubilización de fosfatos (agar PKS) y fijación de nitrógeno (medio NFb), respectivamente.

Referencias bibliográficas

Soussi, A., Ferjani, R., Marasco, R., Guesmi, A., Cherif. H., Rolli, E., Mapelli, F., Ouzari, H. I., Daffonchio, D., Cherif, A. 2015. Plant-associated microbiomes in arid lands: diversity, ecology and biotechnological potential. *Plant Soil* DOI 10.1007/s11104-015-2650-y

Medina-de la Rosa, G., García-Oliva, F., Ovando-Vázquez, C., Celis-García, L.B., López-Reyes, L., López-Lozano, N.E. (2023). Amino acids in the root exudates of *Agave lechuguilla* Torr. favor the recruitment and enzymatic activity or nutrient-improvement rhizobacteria. *Microb Ecol*. Volume 86: 1176-1188.

Zineb, A.B., Hamdi, H., Alsafran, M., Gargouri, M., Lamine, M., Ahmed, T., Mliki, A., Khallef, A., Al-Jabri, H., Sayadi, S. (2024). Harnessing rhizospheric core microbiomes from arid regions for enhancing date palm resilience to climate change effects. *Front Microbiol.* Volume 15.

Barillot, C.D.C., Sarde, C.O., Bert, V., Tarnaud, E., Cochet, N. (2013). A standardized method for the sampling of rhizosphere and rhizoplane soil bacteria associated to a herbaceous root system. *Ann Microbiol*. Volume 63: 471-476.

Astorga-Eló, M., Gonzalez, S., Acuña, J.J., Sadowsky, M.J., Jorquera, M.A. (2021). Rhizobacteria from “flowering desert” events contribute to the mitigation of water scarcity stress during tomato seedling germination and growth. *Sci Rep*. Volume 11: 13745

MODIFICACIÓN GENÉTICA DE *Brassica oloracea VAR CAPITATA* CON EL GEN CCV1 DEL POLIDNAVIRUS DE *Cotesia congregata*

Miguel Ángel Pérez-Rodríguez[1]*, Lihua Wei [2], Sugey gRamona Sinagawa-García [3], Rosalinda Mendoza-Villarreal [4], Silvia Yudith Martínez-Amador [1], Bryan Ademir Rivera-Hernández [5]

[1] Depto. de Botánica-UAAAN; [2] CBG-IPN; [3] Facultad de Agronomía-UANL, [4] Depto. de Horticultura-UAAAN, [5] Estudiante de Ing. en Biotecnología-UAAAN
*Autor para correspondencia: miguel_cbg@hotmail.com

Palabras clave: transgénesis, in vitro, hortalizas

Introducción

La agricultura moderna enfrenta importantes retos como las plagas, que conlleva pérdidas económicas significativas. Como alternativa al uso de insecticidas químicos, se han desarrollado nuevas tecnologías, como las plantas transgénicas que expresan genes de resistencia al ataque de insectos (González Moreno, 2020).

Una estrategia innovadora se basa en aprovechar los genes inmunosupresores de polidnavirus (PDVs) de avispas parasitoides, que parasitan a otros insectos. Estas avispas localizan a sus hospederos mediante señales químicas emitidas por las plantas dañadas y las secreciones salivales de las orugas. Su capacidad para parasitar con éxito depende de una relación simbiótica con polidnavirus (PDVs) que son inyectados durante la oviposición y cuya expresión genética ocurre únicamente en el hospedero tras la oviposición (Webb, 1998).

El PDV de *Cotesia congregata* expresa la proteína CcV1, la cual modula la respuesta inmune del hospedero *Manduca sexta*, facilitando así el desarrollo de la larva (Rodríguez Pérez & Beckage, 2006). En este trabajo el gen CcV1 fue insertado en un vector binario (pCambia1301), el cual fue utilizado para transformar *Rizhobium radiobacter*, por último, esta bacteria fue utilizada para transformar explantes de repollo. La transformación fue verificada por medio de la amplificación del gen CcV1 en los brotes de los explantes de repollo.

Materiales y métodos

Construcción del vector pCambia1301-CcV1: El vector pBSK-CcV1, previamente construido, y los cebadores NCOCC Y BSTCC (5'AttCcatggATGCCACCAACAAACGACTT3' y 5'ATTGGTCACCCTAAGAAATTGATGAGAAATGAGTT 3' respectivamente), (específicos para la secuencia del gen CcVI y que incluyen sitios de restricción para NcoI y BsteII, respectivamente), fueron utilizados para amplificar por PCR el gen CcV1, usando el estuche comercial Advantage HF 2 PCR Kit.

El gen CcV1 amplificado y el vector pCambia1301, fueron digeridos con las enzimas *NcoI* y *BstEII*, los productos de la digestion (de 1 y 10 kb, respectivamente) fueron purificados con el estuche comercial Wizard™ SV Gel and PCR Cleanup System de Promega. Ambos fragmentos (CcV1 y pCambia1301) fueron ligados utilizando T4 ADN ligasa (Cat M180A, Promega™), tomando en cuenta la relación molar de inserto-vector.

El producto de ligación fue utilizado para transformar células de *Escherichia coli* calcio-competentes y se cultivó en placas de medio LB suplementado con Kanamicina (50mg/ml), 40 colonias resultantes seleccionadas al azar fueron tamizadas por medio de PCR en colonia con cebadores pBinNostF/R, para corroborar la correcta inserción de CcV1 en pCambia1301 se llevó a cabo secuenciación. El vector resultante (pCambia1301-CcV1), fue utilizado para transformar *R. radiobacter* (*LBA4404* de Takara, Inc.).

Transformación de explantes de repollo: La cepa de *R. radiobacter* transformada con el vector pCambia1301-CcV1 fue utilizada para transformar explantes de repollo, para lo cual semillas de repollo (variedad Royal Vantage) en condiciones asépticas fueron sembradas en medio Murashige and Skoog (sucrosa al 5% y agar al 0.8%) y colocadas bajo un fotoperiodo de 16 h/8 h (claro/oscuro) a 25°C durante 10 días.

De las plántulas resultantes se tomaron hipocótilos con peciolos y se infectaron con la cepa de *R. radiobacter* transformada con el vector pCambia1301-CcV1 y se colocaron en un medio de cocultivo (MS+ acetociringona 100µM), los cuales fueron incubados por 3 días, en total oscuridad y a una temperatura de 27 °C. Posteriormente los explantes se transfirieron a un medio MS adicionado con hormonas (BAP 4.44µM

y NAA 0.53µM), cefotaxima (250 mg/L), higromicina B (20 mg/L) y carbón activado (1 g/L). Los explantes fueron cultivados durante 10 días bajo un fotoperiodo de 16 h/8 h (luz/oscuro) a 25°C.

Determinación de la transformación: se seleccionaron al azar explantes aparentemente sanos, con brotes y callos de dos semanas. De los cuales se cortó una hoja y parte del callo para realizar extracción de ADN por el método de CTAB. Con el ADN extraído se realizó PCR (GoTaq® Green Master Mix, Promega, USA) con cebadores específicos para el gen CcV1. Los productos de la amplificación fueron visualizados en electroforesis en gel de agarosa (1%, TAE 1X, 80V).

Resultados y discusión

El desarrollo de plantas genéticamente modificadas plantea una serie de retos, que implican del desarrollo de diferentes tecnologías, desde la construcción de los vectores de ADN hasta la aclimatación y el cultivo de las líneas de plantas modificadas. En este estudio se insertó el gen CcV1 el vector binario pCAMBIA1301, dicho gen proviene del PDV de la avispa parasitoide *Cotesia congregata* y codifica una proteína con efecto inmunosupresor en lepidópteros fue colocado bajo control del promotor CAMV 35S y el terminador NOS, los cuales, se ha documentado que permiten la expresión eficiente y estable.

La metodología empleada incluyó el uso de enzimas de restricción NcoI y BstEII, junto con ADN ligasa T4, permitiendo una inserción precisa del gen en el vector. Cada etapa del proceso fue verificada mediante PCR y electroforesis en gel de agarosa, asegurando la calidad y orientación adecuada del inserto. La construcción final fue confirmada mediante PCR con cebadores específicos, observándose un fragmento de 1270 pb (Figura1 A), lo cual indicó la presencia y correcta orientación del gen CcV1 dentro del vector.

La validación del constructo es un proceso crucial, ya que a partir de este se realizó la transformación de células de *R. radiobacter LBA4404*, dicho organismo es la herramienta molecular que realiza la transferencia del material genético de interés a las células de las plantas. En el proceso de transformación se obtuvieron explantes no transformados presentando oxidación y muerte a los tres días posteriores de la transformación (Figura 2 A), así mismo es notoria la baja eficiencia de la transformación ya que el porcentaje de los explantes transformados fue de alrededor del 10%, el cual está acorde a reportes previos que señalan la recalcitrancia de esta especie a la modificación genética (Yi *et al*., 2011; De Block *et al*.,1989).

Los explantes transformados desarrollaron callos, brotes (Figura 2 B y C) y resultaron positivos a la PCR con cebadores específicos para el transgén (Figura 1 B), demostrando que se llevó con éxito la transformación, de esta manera los siguientes pasos para obtener una planta adulta transgénica es la aclimatación y cultivo en invernadero de los brotes bien diferenciados. Los análisis posteriores involucran el mantenimiento y propagación de las líneas transgénicas, así como los análisis de la expresión del transgén.

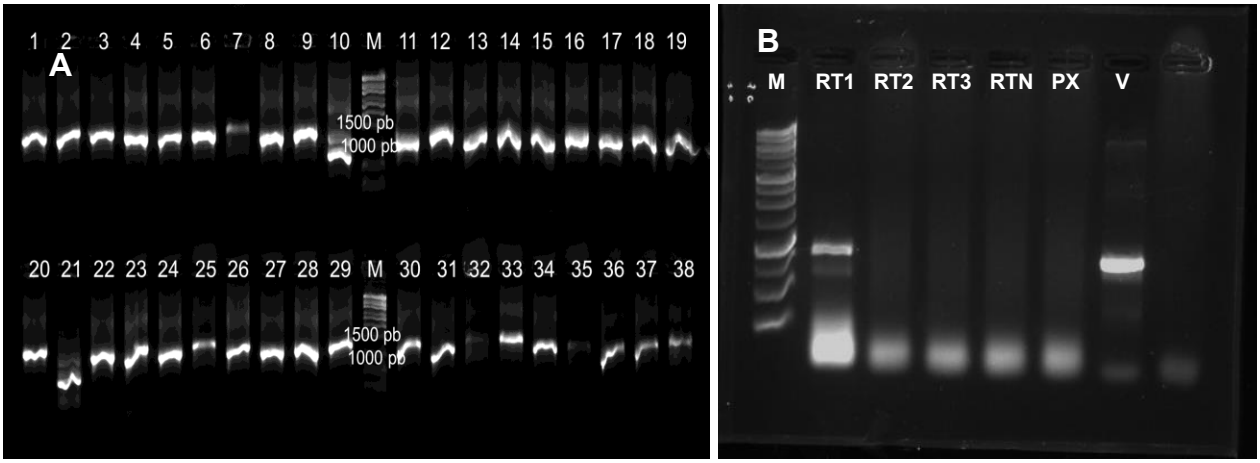


Figura 1. A) Electroforesis de PCR en colonia, utilizando los cebadores pbinNostF y pbinNostR. B) Electroforesis de los productos de PCR utilizando cebadores específicos para el gen CcV1. M) marcador de 1 kb, RT1) productos de PCR utilizando genómico de repollo transformado, RT2-RT3) utilizando otro repollo transformado, RNT) de repollo no transformado, PX) de planta externa al experimento y V) utilizando el vector pCambia1301.

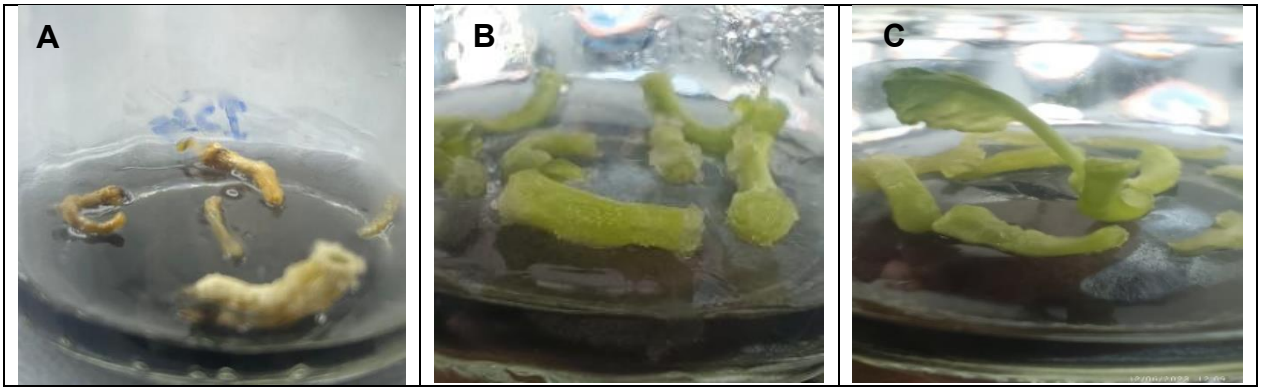


Figura 2. Explantes de repollo infectados A) hipocótilos después de tres días de la infección, B) hipocótilos infectados con formación de callos, C) hipocótilos infectados y desarrollando brotes.

Conclusiones

El desarrollo de plantas transgénicas involucra diversos procesos, desde la manipulación del ADN, transformación de microorganismos, la infección de explantes y el desarrollo in vitro de la planta modificada, así como las pruebas que verifique la transformación de la planta. En el caso del repollo, la recalcitrancia a la transformación plantea un reto adicional. La metodología utilizada en este trabajo permitió la verificación de cada paso, desde la obtención del vector binario hasta los brotes transgénicos, se obtuvieron resultados exitosos, aunque con una tasa de transformación baja, lo cual reduce el número de líneas transgénicas obtenidas para la posterior verificación de la expresión del transgén.

Agradecimientos

Al CONAHCYT por el financiamiento de este trabajo por medio del proyecto A1-S-44946
A la UAAAN por el financiamiento de este trabajo por medio de proyecto institucional 2445

Referencias bibliográficas

González-Moreno, A. (2020). Avispas parasitoides: ¿seres perversos o aliados desconocidos? Bioagrociencias, 12(2).

Pickering, J., & Sharkey, M. J. (1995). Diversity and Trophic Interactions of Parasitic Wasps (Hymenoptera: Ichneumonoidea) in Tropical Lowland Forests.

Yi, D., Cui, L., Liu, Y., Zhuang, M., Zhang, Y., Fang, Z., & Yang, L. 2011. Transformation of Cabbage (*Brassica oleracea L. var. capitata*) with Bt cry1Ba3 Gene for Control of Diamondback Moth. Agricultural Sciences in China, 10(11), 1693–1700. doi:10.1016/s1671-2927(11)60167-3

De Block, M., De Brouwer, D. and Tenning, P. 1989. Transformation of Brassica napus and Brassica oleracea Using Agrobacterium tumefaciens and the Expression of the bar and neo Genes in the Transgenic Plants', Plant Physiology, 91(2), pp. 694–701. doi: 10.1104/pp.91.2.694.

ALTERNATIVA ECOAMIGABLE PARA EL CONTROL DE *Neopestalotiopsis rosae* EN FRESA (*Fragaria × ananassa*) EN LA ZONA DEL BAJÍO MEXICANO

Ma. del Rosario Abraham-Juárez [1]*, Ana Daniela González-Álvarez[1], Víctor Olalde-Portugal[2], Adriana Saldaña-Robles[3], José Pablo Lara-Ávila[4]

[1]Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, CIS. Universidad de Guanajuato.
[2]Departamento de Genética CINVESTAV-IPN, Campus Guanajuato.
[3]Departamento de Ingeniería Agrícola, División de Ciencias de la Vida, CIS. Universidad de Guanajuato.
[4]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Autor para correspondencia: mabraham@ugto.mx

Palabras clave: fresa, *Neopestalotiopsis rosae*, ecoamigable.

Introducción

Neopestalotiopsis rosae (pestalotia) es un hongo fitopatógeno que genera infecciones en cultivos de fresa, principalmente en municipios donde esta fruta es significativa. (García *et al*., 2022). En 2018, en Jacona, Michoacán, se inició la investigación de una enfermedad que provocaba el colapso de las plantas de fresa, las cuales fueron estimadas arriba de 2,500 millones de pesos. (SENASICA, 2022). En 2024, SIAP reportó en Irapuato una producción de 37,420.50 toneladas con 583 ha cosechadas. La planta de la fresa es herbácea perenne, sus hojas forman un rosentón y en su base lleva estolones con yemas y raíces adventicias, su altura es de 10 a 25 cm. Sus hojas son palmeadas, trifoliadas con foliolos ovales, dentados y con pelos cortos, largamente peciolada, cuneadas en la base con márgenes acerradas. La flor tiene un cáliz, cinco pétalos, elípticos, numerosos estambres cortos. El receptáculo de la flor se dilata y se vuelve rojo, jugoso, carnosos, tambien es conocido como un carpóforo (Oscar, 1978). La sintomatología de *N. rosae* son manchas foliares, lesiones en tallos y frutos, y en casos severos, marchitez y muerte de la planta y, por ende, afecta la economía de los productores. Su desarrollo incrementa en regiones con clima templado, con condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas (García *et al*., 2022). El manejo de *N. rosae* incluye prácticas culturales como la eliminación de restos de plantas infectadas, la rotación de cultivos, y el uso de fungicidas apropiados. También se recomienda monitorear constantemente los cultivos para detectar oportunamente la presencia de este hongo. (García*et al*., 2022). El objetivo de este proyecto es encontrar como alternativa ecoamigable con el uso de *Fusarium sp*., *Trichoderma sp, B. subtilis*, *Glicladium* y agua ozonizada como control de *N. rosae* para recuperar los rendimientos afectados del cultivo de fresa en la zona del Bajío.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en la comunidad "Hacienda de Márquez", Irapuato, Guanajuato, con las coordenadas 20° 47’ 33.6’’ N 101° 21’ 18.1’’ W a 1750 -msn. Es un sistema de producción agroecológico: barrera física de cilantro (*Coriandrum sativum*) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*), sistema de riego rodado y cultivos alternos de maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) en su colindancia.

Se utilizaron plantas de fresa (*Fragaria x ananassa* var. Camino Real) donde se encontró presencia de *N. rosae* en diferentes etapas de infección. Estas fueron llevadas al laboratorio para aislar y reproducir el hongo para los bioensayos y también clasificar el material vegetal por porcentaje de infestación mediante disección y separación de cada órgano. Se realizaron bioensayos en campo para apreciar el comportamiento de la pestalotia contra diferentes tratamientos.

Se empleó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizado, debido a que el cultivo de la fresa se planta en hileras a 3 bolillos con una densidad de 15x15 cm, este diseño permite agrupar las repeticiones dentro de un solo bloque. El área total fue de 14 hileras con una media de 250 plantas cada una. Se dividió en 2 hileras por cada tratamiento con 2 hileras de barrera para tener un mayor control de pureza entre estos. Se estableció un bioensayo con 7 tratamientos (Figura 1).

Las aplicaciones de los tratamientos realizaron con una frecuencia de 7 días vía “drench”, asperjando la planta infestada. Asimismo, se evaluó por monitoreo, la incidencia de las plantas, estableciéndose 5 etapas de daño: Etapa 1 (senescencia total); Etapa 2 (61-90%); Etapa 3 (31-60%); Etapa 4 (1-30%) y Etapa 5 (planta sana). Como diseño estadístico se realizó una prueba T student para comparar las medias de los tratamientos con el control.

T3		T2		T4		T6		T5		T7		T1

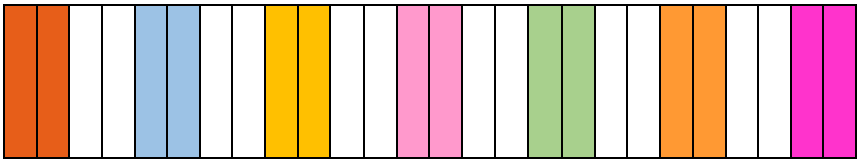


Figura 1. Distribución de cada tratamiento utilizado. T1: Control, T2: Ozono, T3: Captan, T4: Trichomic, T5: Fusaramic, T6: Promobac (*Bacillus subtilis)*, T7: Gliocladium.

Resultados y discusión

Se logró aislar y observar la estructura de acérvulos de *N. rosae* (Rebollar-Alviter *et al*., 2020) con sus caracteres morfológicos específicos encontrando las hifas cilíndricas, tabicadas, ramificadas en ángulos rectos y presentaron tonalidades carmelitas. Los conidióforos surgen solitarios o en pequeños grupos, son ramificados, rectos o flexuosos, lisos, con un tamaño de 3 a 6 µm de ancho y con uno o varios conidios. Dichos conidios se forman en largas cadenas o en solitario, son obclavados, ovoides o elipsoidales, con un pico cilíndrico o cónico corto (de color pálido, de 2 a 4 µm de ancho), lisos o verruculosos, con aproximadamente ocho septos transversales y usualmente varios longitudinales, de 18-43 x 9-16 µm.

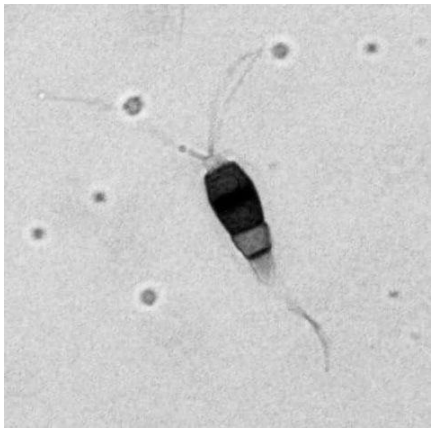


Figura 2. Estructura de acérvulos de N. rosae. Imagen propia.

A través de las 4 semanas de evaluación (Figura 3), se observó que el ozono tuvo el menor efecto con respecto a los otros tratamientos, presentando el menor porcentaje de plantas sanas (5%), este resultado puede ser a que el ozono es muy inestable, es necesario seguir evaluando para buscar sea una alternativa de control que ayudará sin duda a este sector tan necesitado de una solución.

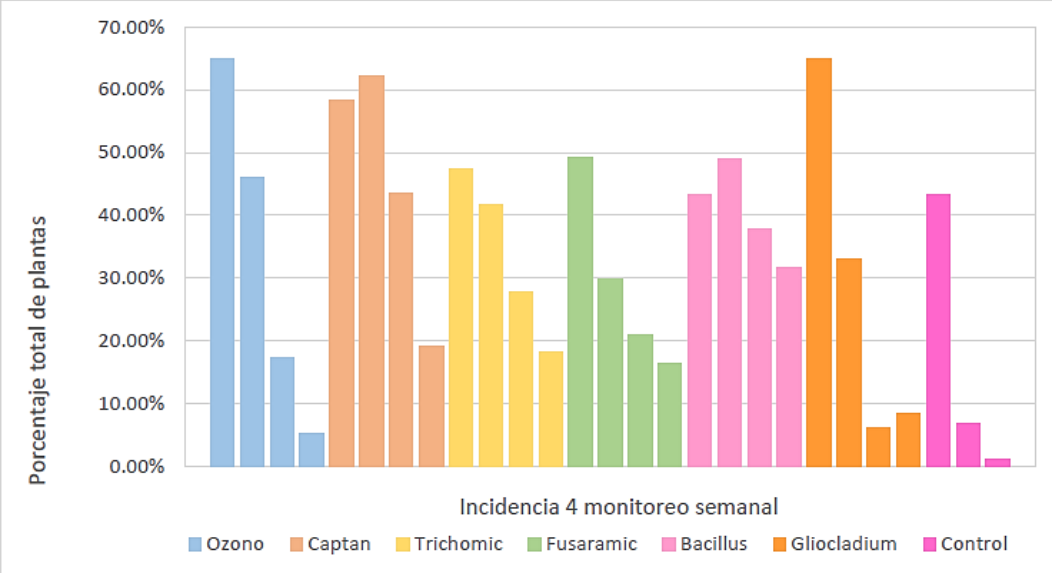


Figura 3. Porcentaje de plantas con una incidencia de afectación por *Neopestalotiopsis rosae* del 1 a 30% en la etapa 4 para cada uno de los tratamientos evaluados durante 4 semanas.

Con el tratamiento químico (captan) hubo un control a lo largo de las 4 semanas de evaluación y, sin embargo, la tendencia fue a la baja de un 60% a 18% (Figura 3), lo que contradice lo publicado por Rebollar-Alviter *et al*., 2020. ya que reportan que controla en un 100% este patógeno, cabe mencionar que hay

variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido. Para nuestro objetivo este tratamiento se incluyó como un control alterno porque no es un candidato para el uso ecoamigable.

El uso de *Trichoderma* sp presentó una tendencia a la baja de un 47% a 17% (Figura 3), siendo este microorganismo el recomendado por algunas empresas de insumos agrícolas, pero la mortandad de las plantas se toleró a lo largo de las 4 semanas evaluadas en un 10%. Cabe mencionar que hay variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido, pero al ser un control biológico contra varios fitopatógenos sigue siendo una alternativa para seguir controlando pestalotia.

Para el tratamiento del producto Fusaramic se presentó una tendencia a la baja de un 49% a 16% (Figura 3), lo que nos indica que no es tan efectivo para el control de pestalotia, incrementando la mortandad de las plantas a lo largo de las 4 semanas evaluadas hasta en un 34% y sin embargo menor que en el caso del control. Cabe mencionar que hay variables que pueden estar repercutiendo en el resultado obtenido.

Los resultados de la aplicación del producto Promobac (*Bacillus subtilis*) presentó una tendencia estable a la cantidad de plantas sanas durante el mes de evaluación entre un 44% a 32% (Figura 3), siendo el menor rango de perdida de estas plantas en comparación con todos los demás tratamientos, lo que nos indica que es el tratamiento más efectivo para el control de pestalotia al menos en nuestras condiciones. Además, el tener este resultado con este microorganismo que tiene un amplio uso como control biológico contra varios fitopatógenos manteniéndose una mortandad de las plantas 20%.

Para el tratamiento con *Gliocladium* sp *se* presentó una tendencia a la baja de un 65% a 8% (Figura 3), lo que nos indica que no es tan efectivo para el control de pestalotia, incrementando la mortandad de las plantas a lo largo de las 4 semanas evaluadas hasta en un 27% y sin embargo menor que en el caso del control.

Conclusiones

Para el control de *Neopestalotiopsis rosae*, la alternativa es el uso de control biológico, utilizando microorganismos antagónicos benéficos. De los 6 tratamientos evaluados se puede argumentar que el mejor tratamiento con respecto a los otros tratamientos evaluados es el T6 (Promobac), siendo el que tuvo mayor control sobre la enfermedad, presentando para cada etapa (1-4) que si existe diferencia significativa en comparación con el control, teniendo efecto sobre el índice de senescencia en las plantas, se debe seguir trabajando en su validación para que en el corto plazo pueda ser utilizado por los fresicultores de la región, demostrando que pueden ser una alternativa factible y ecoamigable como sistema de control de éste fitopatógeno en los cultivos de fresa.

Agradecimientos

A la empresa BioMic por la donación de los productos biológicos y al productor de fresa Sr. J. Jesús Abraham Tapia.

Referencias bibliográficas

García, L. M., Pérez, J. A., Ramírez, F. G. (2022). Incidencia de Neopestalotiopsis rosae en cultivos de fresa en Guanajuato, México. Revista Mexicana de Fitopatología, 40(2), 123-135. https://doi.org/10.12345/rmf.2022.123

Oscar, C. H. (1978). Fertilización en fresa.

Rebollar-Alviter A, Silva-Rojas HV, Fuentes-Aragón D, Acosta-González U, Martínez-Ruiz M, Parra-Robles BE. 2020. An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by Neopestalotiopsis rosae in Mexico. Plant Disease, 104(8), 2054-2059.

SIAP (2024). Cierre de la producción agrícola. Obtenido de: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

PROLIFERACIÓN DE YEMAS Y ADAPTACIÓN A CONDICIONES *EX VITRO* DE *Agave convallis*

Carlos Alberto Zúñiga-Rizo[1]* y Liberato Portillo[2]

[1] InvitroLab, [2]Universidad de Guadalajara.
*Autor para correspondencia: isek_up3@hotmail.com

Palabras clave: Micropropagación, yemas axilares, *ex vitro.*

Introducción

La micropropagación es un proceso cíclico continuo que se realiza en cuatro etapas. En la primera se realiza el establecimiento en condiciones asépticas de la planta de interés. En la segunda se lleva a cabo la proliferación de yemas caulinares mediante el uso de citocininas. La tercera es la proliferación de yemas radiculares producida por el uso de auxinas. Finalmente, la cuarta y una de las etapas más críticas del proceso, la aclimatación a condiciones *ex vitro*, donde las plantas son sometidas a condiciones ambientales, tales como las características físicas, químicas y biológicas del suelo o sustrato, la humedad relativa y la temperatura ambiental fluctuantes, la alta radiación solar, baja disponibilidad de nutrientes en el suelo y elevada competencia por los recursos (Enríquez-del Valle *et al.,* 2023; Preece, 2001). Las plantas provenientes de condiciones de *in vitro* presentan características anormales como por ejemplo escaso desarrollo cuticular, alta densidad estomática, apertura y cierre estomático anormal, anomalías anatómicas en el parénquima de las hojas y tallos, mayor tasa de transpiración y menor fotosíntesis (Preece, 2001). Por lo anterior, las condiciones ambientales contrastantes entre los cultivos *in vitro* y *ex vitro* provocan la deshidratación de las plantas durante el proceso de aclimatación, disminución de la sobrevivencia, crecimiento, calidad final de las plantas (Abreu *et al.,* 2007) y afectación negativa del proceso de propagación.

La propagación masiva a partir de yemas caulinares se ha documentado en varias especies de *Agave* (Cebrián-Barba *et al.,* 2025), sin embargo, actualmente existe escasa información sobre la optimización del proceso de aclimatación a condiciones de invernadero o campo en plantas del género *Agave* provenientes de condiciones *in vitro*.

El objetivo de este estudio es lograr la proliferación masiva de brotes caulinares y radiculares, así como la adaptación y crecimiento a condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizaron yemas plantas de *Agave geminiflora* cultivadas en condiciones *in vitro*.

Método. Para la proliferación de yemas caulinares se evaluó el efecto de la bencilaminopurina (BA), con diferentes concentraciones (2.2, 5.0 y 10.0 mg/L). El número de brotes caulinares generados se contabilizó cada semana durante 30 días

En la proliferación de yemas radiculares los explantes se subcultivaron en medio MS adicionado con 10 mg/L de ácido indolacético (AIA) o ácido indolbutírico (AIB). Se contabilizo el número de brotes radiculares generados cada siete durante 30 días.

Para la adaptación a condiciones *ex vitro* las plantas enraizadas se plantaron en contenedores de crecimiento de 60 cavidades de 100 cm^3 de volumen cada una, actividad realizada en invernadero con temperaturas mínima y máxima de 30 y 42°C, respectivamente, y humedad relativa de 80%. Se evaluaron dos sustratos (arena:turba de musgo:carbón activado y agrolita:turba de musgo:carbón activado) en cuatro proporciones (1:1:0. 1:1:1, 2:1:0 y 3:1:0). El riego se aplicó cada dos días durante los primeros 30 días. La sobrevivencia se evaluó cada siete días y a los 30 días se registró el porcentaje de sobrevivencia. El aumento de tamaño se relacionó con el número de hojas, diámetro y grosor de la hoja más grande, las evaluaciones se realizaron cada 30 días durante 90 días.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con diferente número de tratamientos y de repeticiones; en la proliferación de yemas caulinares se tuvieron cuatro tratamientos con cinco repeticiones, para la proliferación de yemas radiculares se obtuvieron tres tratamientos con cinco repeticiones y finalmente para el establecimiento *ex vitro* se tuvieron ocho tratamientos con diez repeticiones cada uno.

Los resultados se analizaron mediante una prueba de medianas con la prueba de Kruskal-Wallis y se realizó la comparación múltiple de medianas por el método de Holm. Para el análisis estadístico se utilizó el software de descarga libre R 4.2.2®.

Resultados y discusión

Al realizar el análisis de varianza de las medianas del número de brotes caulinares, se observaron diferencias significativas (p=0.0068) (Cuadro 1). La prueba de comparación de medianas demostró que los tratamientos presentan diferentes medianas, donde el mejor número de brotes (3.0) se encontró en el medio adicionado con 10 mg/L de BA y los peores valores (0) se registraron en la dosis de 2.2 mg/L de BA y en el medio sin reguladores de crecimiento (Cuadro 1). Mientras, que la mayor media se obtuvo en la dosis de 10 mg/L y el menor porcentaje en el medio libre de regulador de crecimiento (Cuadro 1).
Por su parte, al realizar el análisis de las medianas del número de brotes radiculares, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (p=0.8744) con valores de una y dos raíces por explante, sin embargo, se observó un mayor promedio (dos raíces por explante) en el medio adicionado con 10 mg/L de AIA (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza, media y mediana por tratamiento del número de brotes caulinares y radiculares de *Agave convallis*.

Variable de respuesta	Valor de probabilidad	Tratamiento	Media	Mediana
Número de brotes caulinares	0.0068	0 mg/L de BA	0	0
		10 mg/L de BA	4.0	3
		5 mg/L de BA	1.8	1
		2.2 mg/L de BA	0.8	0
Número de brotes radiculares	0.8744	MS	1.6	1
		10 mg/L de AIA	2.0	1
		10 mg/L de AIB	1.8	2

Los dos mejores porcentajes de sobrevivencia (100%) se observaron en los sustratos de agrolita:turba de musgo:carbón activado en proporciones de 1:1:0 y 2:1:0 y los peores (50%) se observaron en los sustratos adicionados con carbón activado. El análisis de las medianas del aumento de tamaño para en el número de hojas no se observaron diferencias significativas (p=0.1484) con valores de mediana de entre 0 y 2 hojas, mientras que en la longitud y grosor de las hojas se presentaron diferencias significativas p=0. 0005 y 0.0134, respectivamente, donde la mejor mediana se observó en el sustrato con la proporción 3:1:0 con valores de 1.5 cm de longitud y 0.35 cm de grosor de las hojas (Figura 1).
Los resultados de este trabajo para la proliferación de yemas caulinares y radiculares fueron diferentes a los reportados por Aguilar-Jiménez y Rodríguez-de la O (2018), donde registraron promedios superiores de 12.28 brotes caulinares y valores de 4.98 brotes radiculares por explante en la especie *A. marmorata* cultivadas con 10 mg/L de BA y AIA, respectivamente. La adaptación y crecimiento de plantas en condiciones de invernadero difieren a lo encontrado en *A. angustifolia* donde Enríquez–del Valle *et al.* (2023) en similares condiciones a las de este estudio, registraron mayores porcentajes de adaptación y crecimiento después de 95 días de haber realizado el establecimiento en sustratos con las mismas proporciones pero usando perlita en lugar de agrolita Las anteriores comparaciones indican la necesidad de realizar ajustes de los protocolos para cada especie de *Agave*, ya que cada material vegetal tiene su propia respuesta a mismos factores de interacción.

Conclusiones

Las plantas de *A. convallis* responden de manera positiva a dosis elevadas de reguladores de crecimiento como BA y AIA o AIB elevando la actividad meristemática, al producir un aumento en el número de brotes caulinares o radiculares según sea el caso. Sin embargo, se recomienda el uso de 10 mg/L de BA y AIA para la proliferación de yemas caulinares y radiculares, respectivamente.
La sobrevivencia y aumento de crecimiento en condiciones *ex vitro* se ve favorecida por el uso de un sustrato con buena retención de humedad y aireación como el sustrato compuesto por arena:turba de musgo:carbón activado a proporciones de 3:1:0.

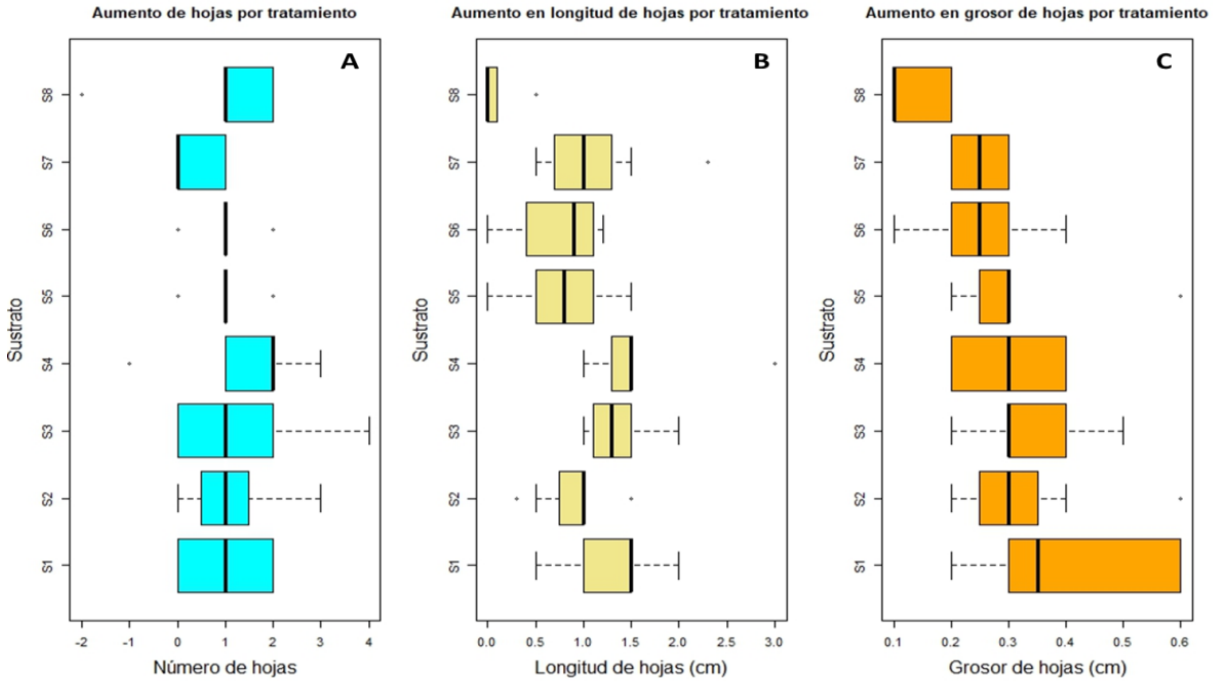


Figura 1. Distribución de medianas para el (A) número de hojas, (B) la longitud y (C) el grosor de las hojas de *Agave convallis.* S1= arena:turba de musgo:carbón activado (3: 1: 0). S2= arena:turba de musgo:carbón activado (2: 1: 0). S3= arena:turba de musgo:carbón activado (1: 1: 0). S4= arena:turba de musgo:carbón activado (1: 1: 1). S5= agrolita:turba de musgo:carbón activado (3: 1: 0). S6= agrolita:turba de musgo:carbón activado (2: 1: 0). S7= agrolita:turba de musgo:carbón activado (1: 1: 0). S8= agrolita:turba de musgo:carbón activado (1: 1: 1).

Agradecimiento y fuente financiadora
Se agradece al Laboratorio de Biotecnología Vegetal perteneciente al Departamento de Botánica y Zoología, del CUCBA de la Universidad de Guadalajara por las facilidades otorgadas y apoyo financiero para realizar esta investigación.

Referencias bibliográficas

Abreu, E, G González, R Ortiz, P Rodríguez, R Domech y M Garriga. 2007. Aclimatación de plantas de henequén micropropagadas (*Agave fourcroydes* Lem.). Estudio de diferentes condiciones en la etapa de vivero. Información Técnica Económica Agraria, 103 (2): 84-94

Aguilar-Jiménez, D y JL Rodríguez-de la O. 2018. Micropropagación y aclimatación de Maguey Pitzomel (*Agave marmorata* Roezl) en la Mixteca Poblana. Rev. Colomb. Biotecnol., 20 (2): 124-131

Cebrían-Barba, V, E Pérez-Molphe-Balch y LI Chávez-Ortiz. 2025. Comparación de la germinación de semillas y el desarrollo inicial de plántulas de *Agave angustifolia* Haw. y *A. karwinskii* Zucc. en condiciones *in vitro* y en invernadero. Polibotanica, 59: 199-212

Enríquez-del Valle, JR, IL Chávez-Cruz, G Rodríguez-Ortiz y GV Campos-Ángeles. 2023. Vitroplantas de *Agave angustifolia* Haw. obtenidas en ambientes de incubación contrastantes, aclimatadas en diferentes sustratos. Rev. Fitotec. Mex., 46 (3): 291-298

Preece, JE. 2001. The most tricky part of micropropagation: establishing plants in greenhouse and fields. Combined Proceedings International Plant Propagators' Society, 51: 300-303

ESTUDIO DE LA RESILIENCIA A LA SEQUÍA *in vitro* EN CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

Leobardo Iracheta-Donjuan[1]*, José Javier Echeverría-Citalán[2], Jorge Luis Méndez-Santiz[3], Carlos Flores-Revilla[3]

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa (CERI), Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870. Tuxtla Chico, Chiapas. [2]Universidad Autónoma de Chiapas; Instituto de Biociencias; Blvd. Príncipe Akishino S/N, Solidaridad 2000, 30798 Tapachula. [3]Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar, A. C. (CIDCA) Km.17.5 Carretera Tapachula-Talismán, CP. 30875, Tuxtla Chico, Chiapas.
*Autor para correspondencia: iracheta.leobardo@inifap.gob.mx

Palabra clave: Déficit hídrico, PEG-8000, *Saccharum*, tolerancia *in vitro*.

Introducción

El cambio climático y la mayor frecuencia de sequías, ocasionan que el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) sea afectada de forma adversa. El estrés por déficit hídrico en etapas tempranas y medias del crecimiento, reduce el rendimiento y la productividad de sacarosa (Zhao y Li, 2015). Las respuestas morfológicas y fisiológicas de las plantas de caña varían según el genotipo, la duración e intensidad del estrés y el tipo de tejido afectado. La caracterización de cultivares tolerantes al estrés hídrico es complicado por la dificultad del espacio disponible y el control de los factores ambientales. Existen diferentes estudios sobre el efecto que tiene el déficit hídrico inducido *in vitro,* en las variedades CP 72-2086 y Mex 69-290, las dos más cultivadas en México (Márquez, 2023); sin embargo, existen pocos reportes relacionados con la caracterización en otras variedades de interés; además, en tales estudios no se consigna el grado de tolerancia asociado a las plántulas después de ser cultivadas en un medio de recuperación. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue identificar las variedades de caña de azúcar con mayor resiliencia a la sequía *in vitro,* mediante el uso de PEG 8000.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología del INIFAP-CERI. El material biológico consistió en brotes *in vitro* de 30 días, individualizados y en etapa de multiplicación, proporcionados por el CIDCA; provenientes de las variedades CP 72-2086, LTMex 93-354, MotzMex 02-513, MexSFC 95-46 e ICPMex 92-1420. Los brotes tuvieron un tamaño de 2 cm y diámetro de 2 a 3 mm. Cada uno de los brotes fue colocado en tubos de ensaye con el medio de cultivo correspondiente al tratamiento. El medio de cultivo consistió en las sales minerales y componentes orgánicos del medio MS (1962), modificado según León-Alfonzo *et al*. (2024), sin glicina, con 0.5 mg L^{-1} de 6-bencilaminopurina, pH ajustado a 5.6 y sin gelificante. El medio fue dispensado a razón de 3 mL en tubos de 18x150 mm. El medio fue esterilizado a 121 °C y 1.1 Kg cm^{-2} por 20 min. Por cada variedad se evaluaron dos tratamientos, el testigo que consistió en brotes en medio de cultivo sin estrés (potencial hídrico de -0.33 MPa) y el tratamiento de déficit hídrico, generado por 30 % de polientilenglicol PM-8000 (PEG-8000 equivalente a -3.36 MPa). Los brotes se mantuvieron en déficit hídrico durante cinco días (120 h) y después fueron transferidos al medio de recuperación (sin PEG) y se incubaron hasta el día 21 a 24 ±1ºC, en agitación a 110 rpm y con fotoperiodo constante con 15 □M m^{-2} s^{-1}. Cada tratamiento contó con 15 repeticiones durante los cinco días en estrés y nueve repeticiones a los 21 días en el medio de recuperación. Las variables fueron la oxidación, fenolización, número de brotes por explante, explantes con raíz, número de raíces por explante, número de hojas, altura, tasa de crecimiento relativa, peso seco, contenido relativo de agua y supervivencia a los 21 días. El diseño experimental fue un completamente al azar y por cada variedad se aplicó un ANOVA y comparación de medias por Tukey mediante el paquete estadístico SAS v. 9.3.

Resultados y discusión

Las cinco variedades presentaron diferente nivel de tolerancia al déficit hídrico *in vitro*. A los cinco días en condiciones de estrés, la tolerancia de las variedades estuvo en función del tipo de variable evaluada. Para explantes con raíz (ER) y número de raíces por explante (NRE), las variedades no presentaron diferencias significativas (Tukey P≤0.05) entre los brotes sin y con 30 % de PEG (Cuadro 1). En el resto de las variables, los brotes en déficit hídrico fueron afectados negativamente con respecto al tratamiento testigo.

En la variedad CP72-2086, seguida de MotzMex02-513 y MexSFC95-46 fueron las que incrementaron significativamente la oxidación en presencia de PEG. Mientras que ICPMex 92-1420 fue la menos afectada

(Cuadro 1). La variedad CP72-2086 indujo mayor fenolización que el resto, pero estos niveles no difirieron del testigo sin PEG.

Cuadro 1. Respuesta morfométrica, morfogénica y fisiológica de brotes de cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), bajo condiciones de déficit hídrico *in vitro* provocado por PEG. Respuesta a los cinco días sin PEG y bajo condiciones de estrés hídrico. Promedio de 15 repeticiones.

[PEG-8000]	Variedad				
(%)	CP 72-2086	LTMex 93-354	MotzMex 02-513	MexSFC 95-46	ICPMex 92-1420
Oxidación (%)					
0	18.1 b	6.2 b	7.7 b	12.5 b	5.5 a
30	41.4 a	20.7 a	36.1 a	34.7 a	10.0 a
Fenolización (%)					
0	60.0 a	0.0 a	0.0 a	73.3 a	0.0 a
30	53.3 a	13.3 a	13.3 a	20.0 b	6.6 a
NBE					
0	1.4 a	0.7 a	1.1 a	0.4 a	0.8 a
30	0.4 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b	0.0 b
ER (%)					
0	0.0 a	13.3 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
30	20.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
NRE					
0	0.0 a	0.1 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
30	0.4 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
Nhojas					
0	3.8 a	2.4 a	2.8 a	2.2 a	2.3 a
30	1.3 b	1.8 a	0.6 b	1.4 b	2.0 a
Altura (cm)					
0	2.9 a	2.9 a	3.1 a	2.8 a	2.3 a
30	3.2 a	2.1 b	2.8 b	2.5 a	2.2 a
TCR (cm)					
0	0.11 a	0.16 a	0.18 a	0.13 a	0.02 a
30	0.13 a	0.01 b	0.09 b	0.01 b	0.00 a
Peso seco (g)					
0	0.015 a	0.021 a	0.014 a	0.009 a	0.018 a
30	0.015 a	0.006 b	0.007 a	0.008 a	0.006 a
CRA (%)					
0	95.2 a	92.0 a	94.5 a	96.9 a	91.3 a
30	58.7 b	71.9 a	77.3 b	76.3 b	66.5 b

†Medias con letras diferentes por columna y variable, son estadísticamente diferentes (Tukey P≤0.05). El grupo estadístico está en función de la transformación de los datos con $\sqrt{x+1}$, excepto para altura, TCR y peso.

Si bien el número de brotes por explante (NBE) fue afectado por la condición de estrés a los cinco días, solo la variedad CP 72-2086 fue capaz de producir brotes bajo dichas condiciones. Mientras que para el número de hojas (Nhojas), la variedad ICPMex 92-1420 indujo mayor formación de hojas en condiciones de sequía, comparado con MotzMex 02-513, que redujo significativamente (Tukey P≤0.05) el desarrollo de las mismas (Cuadro 1). Para la altura de brote, CP 72-2086, MexSFC 95-46 e ICPMex 92-1420 fueron las menos afectadas por la presencia de PEG en el medio, con respecto a sus respectivos testigos; incluso CP 72-2086 incrementó la altura con respecto al testigo. Sin embargo, para la tasa de crecimiento relativo (TCR), solo los brotes en PEG de la variedad CP 72-2086 presentaron una TCR alta y similar al testigo. Lo anterior se reflejó en la acumulación de biomasa seca, toda vez que CP 72-2086 no presentó efectos significativos para la acumulación de biomasa en presencia del déficit hídrico. No obstante, tanto CP 72-2086 e ICPMex 92-1420 fueron las que redujeron en mayor medida en contenido relativo de agua (CRA). Una vez que los brotes, fueron subcultivados y mantenidos en el medio de recuperación hasta los 21 días, fue posible caracterizar el grado de resiliencia de cada variedad. Para la variable oxidación, los brotes originalmente bajo estrés de CP 72-2086 e ICPMex 92-1420 fueron los que presentaron menor oxidación (Cuadro 2). Mientras que la mayor fenolización en los brotes crecidos en PEG, en cuatro de las variedades (55 a 100 %), indican que fue una respuesta inducida por haber estado durante cinco días en presencia de PEG, pero que solo se vio reflejada durante el periodo de recuperación. En el caso de CP 72-2086 fue un indicador del restablecimiento del metabolismo; mientras que la ausencia de fenoles en ICPMex 92-1420 correspondió a un indicador de la reanudación del crecimiento. Lo anterior está basado a que los brotes de ambas variedades, sometidos inicialmente a la condición de estrés hídrico fueron los que mostraron una mayor recuperación para la producción de NBE y Nhojas. En el caso de la altura, TCR y peso seco, la variedad CP 72-2086 fue capaz de igualar al testigo; lo cual demostró una alta capacidad de recuperación del estrés. Por otro lado, el CRA de todos los brotes de cada variedad, no presentaron diferencias estadísticas (Tukey P≤0.05); lo anterior no estuvo asociado en todos los casos con la recuperación. Aunque durante los primeros cinco días, los brotes con PEG de las variedades CP 72-2086 e ICPMex 92-1420 evidenciaron un ajuste interno en el contenido de humedad. Lo que se reflejó en la capacidad mostrada

por ambas variedades al mantener los mayores porcentajes de supervivencia; donde la variedad CP 72-2086 evidenció una estrategia que privilegió un ajuste para el mantenimiento del metabolismo y crecimiento, aún en condiciones de estrés; mientras que ICPMex 92-1420 mostró una estrategia que inhibió el crecimiento bajo condición de estrés, pero que le permitió una recuperación posterior para asegurar altos niveles de supervivencia. Por el contrario, la variedad LTMex 93-354 fue la más sensible al déficit hídrico *in vitro*, a presentar solo 11 % de supervivencia.

Cuadro 2. Respuesta morfométrica, morfogénica y fisiológica de brotes de cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), sometidos inicialmente por cinco días a déficit hídrico *in vitro* y posteriormente cultivados hasta los 21 días en medio de recuperación. Promedio de nueve repeticiones.

[PEG-8000] (%)	Variedad				
	CP 72-2086	LTMex 93-354	MotzMex 02-513	MexSFC 95-46	ICPMex 92-1420
Oxidación (%)					
0	24.7 b	69.4 b	28.6 b	29.5 b	8.4 b
30	68.4 a	92.6 a	94.2 a	83.1 a	58.3 a
Fenolización (%)					
0	44.4 b	77.7 a	33.3 b	33.3 b	11.1 a
30	88.8 a	55.6 a	100.0 a	88.8 a	0.0 a
NBE					
0	1.3 a	1.2 a	0.3 a	0.7 a	0.3 b
30	1.1 a	0.4 a	0.4 a	0.7 a	1.1 a
ER (%)					
0	11.1 a	33.3 a	0.0 a	0.0 a	22.2 a
30	22.2 a	0.0 a	0.0 a	22.2 a	33.3 a
NRE					
0	0.1 a	0.3 a	0.0 a	0.0 a	0.3 a
30	0.6 a	0.0 a	0.0 a	0.3 a	0.3 a
Nhojas					
0	6.7 a	4.4 a	9.2 a	6.8 a	10.1 a
30	3.5 b	2.4 b	2.3 b	2.6 b	4.3 b
Altura (cm)					
0	3.6 a	4.4 a	4.1 a	3.6 a	3.3 a
30	3.7 a	2.6 b	3.0 b	2.8 b	2.4 b
TCR (cm)					
0	0.05 a	0.1 a	0.08 a	0.07 a	0.05 a
30	0.06 a	0.03 b	0.02 b	0.01 b	0.01 b
Peso seco (g)					
0	0.043 a	0.030 a	0.033 a	0.025 a	0.033 a
30	0.026 b	0.011 b	0.011 b	0.016 a	0.012 b
CRA (%)					
0	99.8 a	97.6 a	96.7 a	96.7 a	97.1 a
30	98.6 a	100.0 a	100.0 a	98.4 a	100.0 a
Supervivencia (%)					
0	100.0 a	77.7 a	100.0 a	100.0 a	100.0 a
30	77.7 a	11.1 b	22.2 b	55.5 b	100.0 a

†Medias con letras diferentes por columna y variable, son estadísticamente diferentes (Tukey P≤0.05). El grupo estadístico está en función de la transformación de los datos con $\sqrt{x+1}$, excepto para altura, TCR y peso.

Conclusiones

Se caracterizó el grado de resiliencia *in vitro* en cinco variedades de caña, evidenciado variabilidad en el grado de tolerancia y mecanismos para hacer frente al estrés en condiciones in vitro. CP 72-2086 e ICPMex 92-1420 fueron las variedades con mayor resiliencia al estrés; mientras que LTMex 93-354 fue las más sensible.

Referencias bibliográficas

León-Alfonzo, P.C; L. Iracheta-Donjuan; J.L. Méndez-Sántiz; J.L. Solis-Bonilla. 2024. Optimización del proceso de desinfección *in vitro* y aclimatación de la caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbrido) var. MEX69-290. IBCIENCIAS 7:10-17.

Márquez J., L. 2023. Efecto del estrés osmótico inducido *in vitro* en las variedades CP 72-2086 Y Mex 69-290 de caña de azúcar. Tesis de Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**.** Universidad Veracruzana, Región Orizaba-Córdoba. Pp. 43.

Zhao, D.; Li Y.R. 2015. Climate change and sugarcane production: Potential impact and mitigation strategies. International Journal of Agronomy 2015:1-10.

LAS NANOPARTÍCULAS DE HIDROXIAPATITA DE CALCIO INCREMENTAN LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS EN ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

Ricardo Israel Ramírez-Gottfried[1*], Belén Guadalupe Rodríguez-García[1], Pablo Preciado-Rangel[1], Juan Leonardo Rocha-Quiñones[1], Armando Nahle-Martínez[1], Jazmín Monserrat Gaucin-Delgado[2].

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez s/n Col. Valle Verde. Torreón, Coahuila. México. [2]Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Carretera al El Vergel-La Torreña, Km 0+879. El Vergel, Gómez Palacio, Durango.
*Autor para correspondencia: gottffied_ricardo@hotmail.com

Palabras clave: Capacidad antioxidante, fenoles, flavonoides.

Introducción

La nanotecnología ha demostrado un gran potencial para transformar diversos aspectos de la agricultura, desde la mejora de la nutrición de las plantas hasta la protección de los cultivos y la mejora de la calidad de los productos agrícolas. El uso de la nanotecnología permite mayor sustentabilidad en los sistemas agrícolas al reducir el impacto ambiental por el uso de los agroquímicos. Las nanopartículas se han utilizado para aumentar el rendimiento y los compuestos bioactivos en los cultivos (Wang *et al*., 2024). Entre los diversos tipos de nanopartículas, las de hidroxiapatita de calcio, han mostrado un notable potencial para mejorar el crecimiento de las plantas y para aumentar la concentración de compuestos bioactivos, como fenoles, flavonoides y vitamina C, lo que impulsa un mayor beneficio nutricional para los consumidores. (Rocha-Santillano *et al.*, 2024) En regiones áridas y semiáridas de México, la alimentación de las vacas lecheras en los sistemas especializados de producción de leche depende principalmente de forrajes con alto valor nutricional, la alfalfa, es el forraje más consumido en todo el mundo, sin embargo, enfrenta enormes retos, como factores ambientales desfavorables, lo que representan una amenaza para la seguridad alimentaria mundial (El-Ramady *et al*., 2020). En México, la alfalfa es el cultivo forrajero más importante con una superficie cultivada de 583,561 hectáreas, lo que corresponde al 57.1 % del total de cultivos forrajeros (García *et al*., 2020). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue, evaluar el efecto de la aplicación foliar de diferentes dosis de nanopartículas de hidroxiapatita de calcio en los compuestos bioactivos de alfalfa (fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante).

Materiales y métodos

Lugar de estudio, manejo agronómico y aplicación de tratamientos. El trabajo se realizo bajo condiciones controladas en un invernadero propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. El material vegetal fue alfalfa RUVA 101. Mediante la metodología descrita por (Flores-Hérnandez *et al*., 2021) se obtuvieron las nanopartículas de hidroxiapatita de calcio, el experimento se estableció en macetas con un sustrato a base de arena, perlita y peat moss. La siembra se estimo a una densidad de 35 kg ha^{-1}. El riego se realizó diariamente mediante la solución universal de Steiner. El diseño experimental consistió en cuatro tratamientos y cinco repeticiones, se realizó un análisis estadístico mediante prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$), los tratamientos aplicados fueron diferentes dosis de nanopartículas de hidroxiapatita de calcio, T1= 0 mg L^{-1}, T2= 300 mg L^{-1}, T3= 400 mg L^{-1} y T4=500 mg L-1, la aplicación de los tratamientos se realizó de forma manual mediante un atomizador, diluyendo las nanopartículas en 250 mL de agua destilada. Se realizaron seis aplicaciones cada 15 días. La cosecha de la parte aérea de la planta se realizo cuando se encontraba a un 10 % de floración.

Contenido fenólico total. El análisis se realizó mediante el método modificado de Folin-Ciocalteau (Singleton *et al*., 199). Se tomaron 50 µL de extracto etanólico y se diluyeron en 3 mL de agua destilada. A continuación, se añadieron 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteau (1N), se agitó la mezcla y se dejó reaccionar durante 3 minutos. Posteriormente, se incorporaron 750 µL de Na_2CO_3 (20%) y 950 µL de agua destilada. Finalmente, la muestra se dejó reposar durante 2 horas y se cuantificaron las muestras utilizando un espectrofotómetro UV-Vis (CGOLDENWALL, con un rango de longitud de onda de 340-1000 nm y un ancho de banda espectral de 5 nm) a una longitud de onda de 760 nm.

Flavonoides. Se analizaron por espectrofotometría (Zhishen *et al*., 1999). Se utilizaron 250 µL de extracto etanólico, mezclado con 1.25 mL de agua destilada y 75 µL de NaNO2 (5%). Tras reposar 5 min, se agregaron 150 µL de AlCl3 (10%). Luego, se añadieron 500 µL de NaOH (1 M) y 275 µL de agua destilada. La mezcla se agitó y cuantificó en un espectrofotómetro UV-Vis (CGOLDENWALL, 340-1000 nm, ancho

de banda: 5nm) a 510 nm. La solución estándar se elaboró con quercetina disuelta en etanol absoluto (y = 0.0122x - 0.0067; r^2 = 0.965).
Capacidad antioxidante. El método DPPH+ in vitro (Brand-Williams *et al*., 1995) se utilizó para determinar los resultados. Se preparó una solución de DPPH+ con etanol a una concentración de 0.025 mg mL-1. Se agregaron 50 µL del extracto etanólico a 1.950 µL de solución DPPH+ y, después de 30 minutos, se analizaron las muestras en un espectrofotómetro UV-Vis (CGOLDENWALL; longitud de onda: 340-1000 nm, ancho de banda espectral: 5nm) a 517 nm.

Resultados y discusión
En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos para las variables contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante.

Cuadro 1: Compuestos bioactivos bajo diferentes dosis de NPs de hidroxiapatita de calcio.

NPs hidroxiapatita de calcio (mg L^{-1})	Fenoles (mg AG 100 g^{-1} BF)	Flavonoides (mg AG 100 g^{-1} BF)	Capacidad antioxidante (mg equiv Trolox 100 g^{-1} BF)
0	92.20 b	81.20 c	61.95 b
300	96.97 a	85.85 b	65.15 ab
400	97.55 a	88.5 ab	68.90 a
500	97.96 a	89.17 a	68.77 a
C.V.	1.19	1.74	3.64

C.V=Coeficiente de variación; BF= base fresca. Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

En cuanto al contenido de fenoles, se observa que los tratamientos con dosis de 300, 400 y 500 mg L^{-1} no presentan diferencias significativas entre sí. Sin embargo, todos estos tratamientos superan significativamente al testigo (0 mg L^{-1}), con incrementos del 5.17 %, 5.80 % y 6.20 %, respectivamente. Estos resultados sugieren una relación positiva entre la dosis aplicada y el aumento en el contenido de fenoles. En el caso de los flavonoides, se observa que la dosis de 500 mg L^{-1} presenta el mayor contenido, superando ampliamente al testigo (0 mg L^{-1}) en un 9.80 %. Además, se aprecia una tendencia creciente en la acumulación de flavonoides conforme aumenta la dosis de NPS de hidroxiapatita de calcio, lo que sugiere una relación proporcional entre la concentración aplicada y la respuesta del compuesto. Respecto a la capacidad antioxidante, se observan diferencias significativas entre los tratamientos. La dosis de 300 mg L^{-1} presentó el valor más alto (68.90 mg equiv. Trolox 100 g^{-1} BF), seguido por la dosis de 400 mg L^{-1} (68.77 mg equiv. Trolox 100 g^{-1} BF); ambos tratamientos no presentan diferencia significativa, pero sí superan al testigo. El tratamiento con 200 mg L^{-1} mostró un valor intermedio (65.15 mg equiv. Trolox 100 g^{-1} BF), sin diferencias significativas con el resto. Estos resultados sugieren que la aplicación de NPS de hidroxiapatita de calcio tiene un efecto positivo sobre la capacidad antioxidante, especialmente a dosis de 300 y 400 mg L^{-1}.

Conclusiones
La aplicación de NPS de hidroxiapatita de calcio promovió un aumento significativo en el contenido de fenoles, flavonoides y en la capacidad antioxidante en el cultivo de alfalfa. Se observó una relación proporcional entre la dosis aplicada y la acumulación de compuestos bioactivos, siendo la dosis de 500 mg L^{-1} la que mostró los mejores resultados. Estos hallazgos sugieren que el uso de estas nanopartículas favorece la síntesis de metabolitos con actividad antioxidante, lo que podría contribuir a mejorar el valor nutricional y funcional del cultivo.

Referencias bibliográficas
El-Ramady, H., Abdalla, N., Kovács, S., domokos-szabolcsy, E., Bakonyi, N., Fári, M., & Geilfus, C.-M. (2020). Alfalfa Growth under Changing Environments: An Overview. Environment Biodiversity and Soil Security, 4, 20. doi:10.21608/JENVBS.2020.37746.1101

Flores-Hernández, E. A., Lira-Saldivar, R., Acosta-Ortiz, R., Méndez, B., García López, J., Díaz Barriga Castro, E., García-Carrillo, M. (2019). SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CALCIUM

PHOSPHATE NANOPARTICLES AND EFFECT OF THE AGITATION TYPE ON PARTICLES MORPHOLOGY. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 19, 284-298. doi:10.24275/rmiq/Mat523

García, G., Chairez, F., Ruiz Corral, J., Rodríguez-Moreno, V., Soria-Ruiz, J., & De La Mora Orozco, C. (2020). Efecto ntamiento glob sobre la producción de alfalfa en México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11, 34-48. doi:10.22319/rmcp.v11s2.468

Rocha-Santillano, J. J., Sangerman-Jarquín, D. M., Preciado-Rangel, P., de la O-Olán, M., Fortis-Hernández, M., Marquez-Guerrero, S. Y., Flores-Hernandez, E. A., & Romero-Arenas, O. (2024). *Impacto de nanopartículas de hidroxiapatita en los compuestos bioactivos y actividad enzimática en pimiento morrón*. Revista Fitotecnia Mexicana, 47(4), 369–375.

Wang, Y., Deng, C., Zhao, L., Dimkpa, C. O., Elmer, W. H., Wang, B., . . . White, J. C. (2024). Reply to the Letter to the Editor: Nanotechnology Papers with an Agricultural Focus Are Too Frequently Published with a Superficial or Poor Understanding of Basic Plant and Soil Science—A Critical Comment to Recent Papers in ACS Nano. ACS Nano, 18(50), 33771-33774. doi:10.1021/acsnano.4c14632

OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN POR SONICACIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES A PARTIR DE CÁSCARA DE CACAO

Edna Elena Suárez-Patlán[1*], Ángel Johsué Orduña-Flores[2], Valeria Martínez-Aquino[3], Diana Guerra-Ramírez[4] y Martha Elena Fuentes-López[2]

[1]C.E. San Martinito, CIR Golfo-Centro, INIFAP, [2]TESChi, Tecnológico Nacional de México, [3]Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, UACh, [4]Departamento de Preparatoria Agrícola, UACh.
*Autor para correspondencia: suarez.edna@inifap.gob.mx; ednamorelia@hotmail.com

Palabras clave: Fenoles, ultrasonido y Box Behnken.

Introducción

La cáscara de la mazorca de cacao es un material lignocelulósico que representa alrededor del 80 % del peso seco total del fruto, siendo el principal subproducto de la producción del chocolate. Este material ha sido subvalorado ya que es rico en compuestos fenólicos y flavonoides con efectos antioxidantes que se podrían aprovechar en la industria alimentaria y/o farmacéutica, sin embargo, tras la cosecha del cacao la cáscara de la mazorca se abandona como residuo en los propios cultivos, la cual durante su descomposición causa problemas fitosanitarios y diversas enfermedades que afectan a los propios árboles bajando el rendimiento de producción. La transformación de estos residuos en productos de valor agregado puede ser una alternativa viable ya que es una materia prima renovable, de bajo coste y altamente disponible, se ha estimado que por cada tonelada de grano seco de cacao hay aproximadamente 10 toneladas de desechos húmedos y subproductos. Un paso fundamental para el aprovechamiento de estos materiales lignocelulósicos es el pretratamiento, estos pretratamientos pueden ser químicos, físicos, biológicos o una combinación de ellos, estos pueden ser más o menos eficaces y más o menos contaminantes. La elección del pretratamiento depende del objetivo que se desee alcanzar, así como, del tipo de biomasa a tratar. Se han realizado diversos estudios en la búsqueda de aprovechamiento de la cáscara de mazorca de cacao, debido al potencial que representa tanto para la industria y la comunidad científica, (Porto de Souza-Vandenberghe *et al*., 2022). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar las condiciones óptimas de extracción de compuestos antioxidantes de cáscara de mazorca de cacao mediante sonicación y su evaluación mediante Box Behnken, en aras de alcanzar un aprovechamiento sustentable de este residuo agroindustrial.

Materiales y métodos

Se colectó *Theobroma cacao* L. var. Guayaquil en Huimanguillo, Tabasco, México, las cáscaras se separaron y se secaron en un deshidratador hasta peso constante. Se molieron y cribaron (Nutribullet, tamices US STD 60 y 100 y tamizadora TYLER RO TAP RX-29-16), para obtener una muestra con tamaño de partícula de 150 µm. Se generó un diseño experimental para la extracción mediante el modelo Box Behnken, compuesto por tres puntos, utilizando el programa RStudio V. 4.4.1. Las variables experimentales fueron: ***A*** disolvente en tres niveles (acetona:agua, metanol:agua y etanol:agua (70:30 v/v)), ***B*** tiempo de extracción en tres niveles (15, 30 y 45 min) y ***C*** temperatura en tres niveles (20, 40 y 60 °C). La extracción por sonicación se realizó colocando 1 g de muestra base seca en un tubo cónico para centrifuga, se adicionaron 50 mL de disolvente (acetona:agua, etanol:agua ó metanol:agua (70:30 v/v) según fuera el caso). Los experimentos de sonicación se realizaron en equipo de ultrasonido Cole Parmer 8890 (Cole-Parmer Instrument Company, Illinois, EE. UU.), con tiempo y temperatura controlados (condiciones determinadas por el diseño Box Behnken). La capacidad antioxidante se determinó mediante el ensayo ABTS [2,2-azinobis (3-ethyl- benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt] descrito por Arzeta *et al*. (Arzeta-Ríos *et al*., 2020), el ensayo FRAP (Poder antioxidante reductor férrico) y el contenido de compuestos fenólicos se determinaron mediante los métodos descritos por Hernández *et al*. (Hernández-Rodríguez *et al*., 2019). Los ensayos se realizaron por cuadruplicado y un blanco en un lector de microplacas Synergy 2 (Biotek, Instruments Inc., EE UU.), con el software Gen5 de Biotek Instruments Inc. (Winooski, VT, EE. UU.). Los resultados de ABTS, FRAP y compuestos fenólicos, se analizaron bajo el diseño Box Behnken, sustituyendo la variable de respuesta (y) por los resultados de los ensayos.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos en los ensayos ABTS, FRAP y Compuestos Fenólicos. Para ABTS, el mayor rendimiento fue 22.46 µmol ET g^{-1} materia base seca (mbs), obtenido de la extracción con acetona durante 30 min y 60 °C, en FRAP el mejor rendimiento de actividad antioxidante fue de 3.11 µmol ET g^{-1} mbs, el cual se obtuvo en la extracción de metanol durante 30 min y 60 °C, y finalmente la mayor extracción de compuestos fenólicos fue de 38.33 mg EAG g^{-1} mbs obtenido a partir de la extracción con acetona durante 15 min y 40 °C. Resultados similares se encontraron en la literatura la cual reporta 24.13 µmol ET g^{-1}, 2.0 µmol ET g^{-1} y 34.88 mg EAG g^{-1} mbs de cáscara de cacao para ABTS, FRAP y Compuestos Fenólicos respectivamente de la extracción por métodos convencionales que involucran largos tiempos de extracción y elevadas temperaturas (Jamaluddin *et al*., 2022).

Cuadro 1. Resultados de determinaciones ABTS, FRAP y Compuestos Fenólicos

Cond. Experimentales (Disolvente/min/°C)	ABTS (µmol ET g^{-1} mbs ± D. E.)	FRAP (µmol ET g^{-1} mbs ± D. E.)	Compuestos Fenólicos (mg EAG g^{-1} mbs ± D. E.)
Acetona/30/60	**22.46 ± 1.44**	1.82 ± 0.24	33.37 ± 2.2
Metanol/15/40	9.24 ± 0.77	2.26 ± 0.07	13.69 ± 0.7
Etanol/30/40	16.38 ± 0.97	1.91 ± 0.17	29.78 ± 1.5
Metanol/45/40	13.15 ± 0.88	2.94 ± 0.10	19.49 ± 0.7
Etanol/45/20	19.36 ± 0.76	2.46 ± 0.05	32.44 ± 3.5
Etanol/15/60	17.29 ± 0.54	1.98 ± 0.16	30.27 ± 3.0
Etanol/30/40	19.20 ± 1.44	2.27 ± 0.13	33.55 ± 2.0
Metanol/30/60	12.77 ± 1.47	**3.11 ± 0.12**	19.63 ± 1.7
Etanol/45/60	17.63 ± 0.58	1.91 ± 0.05	29.92 ± 1.4
Acetona/30/20	17.13 ± 1.71	1.91 ± 0.15	36.09 ± 1.4
Etanol/15/20	17.85 ± 1.66	2.15 ± 0.13	34.11 ± 4.1
Etanol/30/40	15.33 ± 0.64	1.92 ± 0.10	30.04 ± 1.3
Acetona/15/40	18.78 ± 1.69	2.14 ± 0.18	**38.33 ± 1.8**
Acetona/45/40	16.71 ± 0.75	1.79 ± 0.14	34.82 ± 2.2
Metanol/30/20	13.24 ± 0.80	2.97 ± 0.31	20.67 ± 1.3

MBS = materia base seca, ET = equivalentes de trolox, EAG = equivalentes de ácido gálico, D. E. = desviación estándar.

El Diseño Box Behnken está conformado por tres modelos, lineal, cuadrático y la interacción lineal entre dos factores, el resultado de este análisis mostró que el modelo lineal resultó significativo de acuerdo con el valor *p* (ABTS, $p = 0.013$; FRAP, $p = 0.017$; y Compuestos Fenólicos, $p = 0.001$). Para las variables evaluadas ***A*** (disolvente), ***B*** (tiempo de extracción) y ***C*** (temperatura), como tratamientos en el modelo, la variable ***A*** fue significativa (ABTS, $p = 0.003$; FRAP, $p = 0.003$; y Compuestos Fenólicos, $p = 0.000$), lo cual muestra que el tipo de disolvente para extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos y con capacidad antioxidante tiene efecto estadístico significativo sobre los rendimientos de los diferentes ensayos. Las gráficas obtenidas del análisis Box Behnken se muestran en la Figura 1, para el ensayo ABTS el máximo rendimiento que predice el modelo es de 22.40 µmol ET g^{-1} y los puntos óptimos del tratamiento de extracción asistida por ultrasonido son: acetona, 15 min y 60 °C; mientras que para el ensayo FRAP el rendimiento óptimo propuesto es 3.31 µmol ET g^{-1} siendo las condiciones óptimas predichas por el modelo: metanol, 45 min y 20 °C, finalmente, para los Compuestos Fenólicos el rendimiento óptimo presentado por el modelo es de 40.25 mg EAG g^{-1} y el tratamiento propuesto es: acetona, 15 min y 20 °C.

Conclusiones

Se determinaron las mejores condiciones para la extracción de compuestos fenólicos y antioxidantes mediante extracción asistida por ultrasonido y el método Box Behnken, las cuales fueron: ensayo ABTS (22.46 µmol ET g^{-1}) con 30 min, 60 °C y acetona, ensayo FRAP (3.11 µmol ET g^{-1}), con metanol, 30 min y

60 °C y compuestos fenólicos (38.33 mg EAG g^{-1}) obtenidos con acetona, 15 min y 40 °C. Mientras que los tratamientos propuestos por el modelo de análisis de superficie de respuesta como óptimos fueron los siguientes: para ABTS (acetona,15 min y 60 °C), FRAP (metanol, 45 min y 20 °C) y Compuestos Fenólicos (acetona, 15 min y 20 °C). La principal contribución de esta investigación radica en el uso de metodologías verdes para el aprovechamiento de residuos generados en la producción de Chocolate, promoviendo la gestión de estos residuos y un enfoque sustentable para su aprovechamiento.

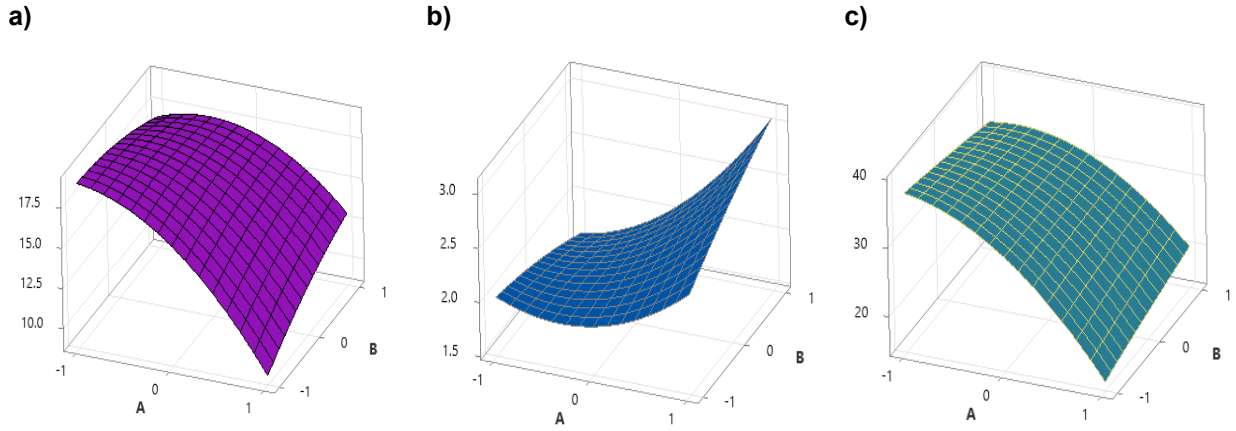


Figura 1. Gráfica de superficie de respuesta. a) ABTS; b) FRAP; c) Compuestos Fenólicos.

Agradecimientos
Los autores agradecen al Laboratorio de Productos Naturales del Departamento de Preparatoria Agrícola de la UACh y al Campo Experimental San Martinito INIFAP**.**

Referencias bibliográficas

Arzeta, R. A. J., Guerra, R. D., Reyes, T. B., Ybarra, M. C., & Zuleta, P. H. (2020). Microwave heating effect on total phenolics and antioxidant activity of green and mature coconut water. *International Journal of Food Engineering*, *16*(12). https://doi.org/10.1515/ijfe-2019-0378

Hernández, R. G., Espinosa, S. T., Pérez, A., Salgado, E. I., & Guerra, R. D. (2019). Antioxidant capacity of capulin (Prunus serotina subsp. capuli (Cav). McVaugh) fruit at different stages of ripening. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *6*(16), 35–44. https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1947

Jamaluddin, M., Rizlan, R. E., Azmi, A. F., Zubir, I., Nazir, N., Inderan, V., & Raseetha, S. (2022). Effect of Extraction Solvents on Phenolic Compounds of *Theobroma Cacao* L. By-products Using Ultrasound-Assisted Extraction. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, *12*(1), 359–364. https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.1.13030

Porto de Souza, V. L., Valladares, D. K. K., Amaro, B., G., Murawski de Mello, A. F., Sarmiento, V. Z., Zwiercheczewski de Oliveira, P., Melo, P. G. V. de, & Soccol, C. R. (2022). Added-value biomolecules' production from cocoa pod husks: A review. *Bioresource Technology*, *344*. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126252

EVALUACIÓN DE METABOLITOS PRODUCIDOS POR *Bacillus siamensis* M113 EN DISTINTOS MEDIOS DE CULTIVO EN PLANTAS DE *Arabidopsis thaliana*

Itzel G. Arteaga-Ríos[1], Ana Laura Ramírez-Córdova[1], María de la Luz Guerrero-González[1], Pablo Delgado-Sánchez[1*]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
*Autor para correspondencia: pablo.delgado@uaslp.mx

Palabras clave: Caldo LB, melaza, metabolitos secundarios.

Introducción

El uso de microoganismos benéficos en la agricultura es una alternativa para ayudar a mejorar el crecimiento, desarrollo, productividad y sanidad de los cultivos, siendo una alternativa más viable para la reducción del uso de agroquímicos. *Bacillus siamensis* es uana bacteria empleada en la agricultura por su capacidad de producir metabolitos secundarios (MS) como fitohormonas, enzimas líticas, sideróforos y compuestos orgánicos volátiles, los cuáles tienen funciones como bioestimulantes o agentes biocontrol. *Bacillus* puede generar interacciones en el sistema planta-suelo, sin embargo, su efectividad puede verse afectada factores ambientales, y la calidad y viabilidad de los inóculos para generar los bioinsumos (Yakhin *et al*., 2017). Los bioinsumos a base de metabolitos libres o filtrados de cultivo (FC) producidos por bacterias presentan algunas ventajas sobre la aplicación de microorganismos vivos, como son una mayor estabilidad y vida útil (Backer *et al*, 2018). Los MS pueden actuar en bajas concentraciones y se pueden aplicar de forma dirigida para actuar eficazmente sobre los cultivos.

Para la producción a gran escala de estos metabolitos secundarios se requieren condiciones específicas e insumos de bajo costo. En la producción dentro del laboratorio generalmente se emplean medios de cultivo (MC), los cuales son de costo elevado, como el caldo Luria-Bertani (LB), caldo nutritivo y caldo de soya tripticaseína para la propagación de bacterias. Por lo tanto, el desarrollo de medios económicos es necesario para la producción de microorganismos benéficos en gran volumen.

Nosotros encontramos que los FC producidos por *B. siamensis* M113 en caldo LB promovieron exitosamente el creciemiento en plantas de *A. thaliana* y *S. lycopersicum*, así como un incremento en la producción de semillas; los cual nos indica que *B. siamensis* M113 se puede emplear en cultivos agrícolas. Así, nuestro trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de los metabolitos producidos por *B. siamensis* M113 en distintos medios de cultivo (caldo LB, melaza de caña y base de caldo de pollo) como promotores de crecimiento vegetal. Con esto, se busca desarrollar un bioestimulante estable, rentable y de fácil acceso para los productores.

Materiales y métodos

Plántulas de *A. thaliana* Col-0 de 25 días fueron trasplantadas en macetas que contenían Peat moss (Sunshine #3) como sustrato y se sometieron a un periodo de aclimatación. Tres días posteriores del trasplante se inoculó cada planta con 100 µL del FC de *B. siamensis* M113 provenientes de tres medios de cultivos diferentes. Los MC se incubaron durante 48 h a 35°C con una agitación constante de 130 RPM. El FC se obtuvo empleando un filtro de 0.22 µm. El primer medio utilizado fue el caldo de cultivo LB al 5% NaCl. Los medios de cultivo restantes se seleccionaron a partir de pruebas previas *in vitro*. Un segundo medio se estableció utilizando melaza con una concentración del 1% del volumen total. Como tercer MC se utilizó un medio a base de caldo de pollo al 25% (CP-25). Se realizó un experimento al azar, con seis tratamientos y ocho repeticiones. Se utilizó un tratamiento con plantas sin inocular como control, otros tres tratamientos consistieron en plantas inoculadas con metabolitos producidos por *B. siamensis* M113 en medio de cultivo: LB (FC-LB), melaza (FC-Melaza) y base de caldo de pollo (FC-CP-25). Los tratamientos para evaluar el efecto del MC sin la presencia de metabolitos secundarios fueron Melaza* y CP-25*, donde las plantas fueron inoculadas con el medio filtrado respectivamente. Las variables evaluadas fueron: contenido de clorofila *a*, clorofila *b* y carotenoides, no. de nudos, no. de silicuas, no. de semillas y peso total de semillas por planta. Los tratamientos estuvieron con un fotoperiodo de 16 h luz (PAR de 300 µmol m^2 s^{-1}) y 8 h de oscuridad, a 24 ± 2 °C. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) en Statistic v 10. Los resultados se validaron con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, y la

comparación entre las medias de los parámetros se evaluó mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %.

Resultados y discusión

A los 20 días después de la inoculación, los tratamientos FC-LB y FC-Melaza presentaron rosetas más grandes respecto al control (Figura 1A). En el contenido de clorofila a encontramos que los tratamientos FC-Melaza y FC-CP-25 indujeron una mayor concentración (47 y 31%, respectivamente) en comparación al tratamiento control, mientras que FC-LB solo incrementó un 12% (Figura 1B). El contenido de clorofila b fue más elevado en los tratamientos donde se utilizó melaza como medio de cultivo. Del mismo modo FC-Melaza incrmentó un 66% el contenido de caronetoides y los tratamientos con CP-25 un 42% aproximadamente (Figura 1C). Mientras que FC-LB aumentó en un 15% el contenido total de clorofilas y 27% en carotenoides en comparación al tratamiento control, los medios de cultivo de melaza y pollo superan los resultados de FC-LB con y sin presencia de metabolitos secundarios. Esto se puede deber a que la melaza de caña y la base de caldo de pollo pueden contener azúcares, minerales (K, Fe, Mg, Ca), aminoácidos o compuestos fenólicos. Estos sirven como fuente de carbono y también pueden aumentar la disponibilidad de nitrógeno, magnesio y hierro que son escenciales para la biosíntesis de clorofila.

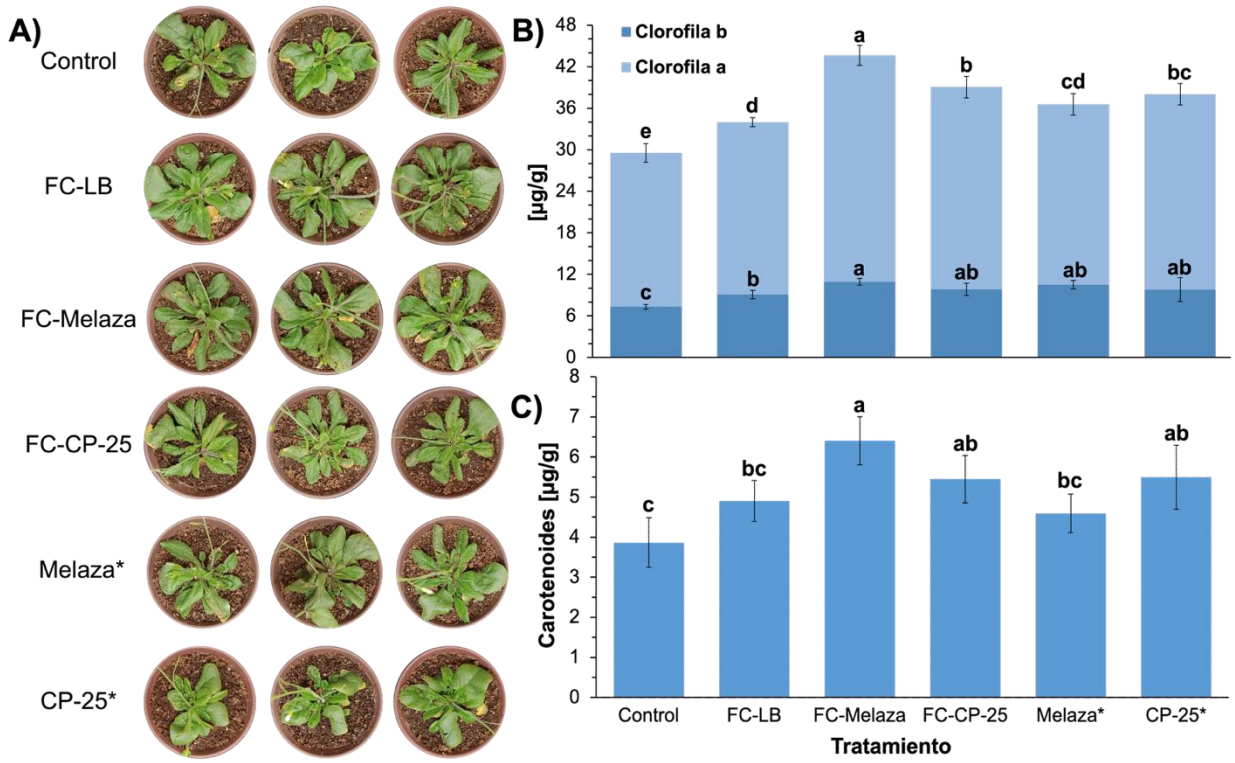


Figura 1. Evaluación de plantas de *Arabidopsis thaliana* a los 45 dds. A) Comparación de la morfología de roseta entre los distintos tratamientos. B) Evaluación del contenido de clorofila *a* y *b*. C) Evaluación del contenido de carotenoides. Las barras representan la media ± SD. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

En los resultados del análisis de morfología nosotros encontramos que la producción de nudos en la planta fue de 63 para el tratamiento FC-Melaza (35% más que el control), seguido de FC-LB y Melaza* con 61 nudos por planta. Por otro lado, la producción de silicuas fue mayor en FC-LB y FC-Melaza con un 28% más que las plantas del tratamiento control, en esta variable FC-CP-25 incrmentó un 12%. Sin embargo, al analizar el no. de semillas que se encuentran por silicua observamos que FC-CP-25 mostró el mayor no. de semillas (66), seguido del tratamiento CP-25* con 62 semillas, mientras que las silicuas del tratamiento control tuvieron 54 semillas en promedio. Al realizar la evaluación de rendimiento total, el tratamiento FC-CP-25 favoreció en un 35% más la producción de semilla en comparación al control, y los tratamientos FC-LB y FC-Melaza un 22% de incremento (Cuadro 1). Se ha reportado que el uso de FC producidos por

levaduras en MC de melaza de caña incrmentan la producción de ácido indol acético, también al aplicar los FC en semillas de maíz se observó promoción en el desarrollo inicial de las plantas (Bispo et al 2023). Con esto, nosotros encontramos que los medios de cultivo utilizados pueden favorecer mayor número de silicuas y generación de ramificaciones. En el caso del medio de cultivo de CP-25, favoreció una mayor producción de semillas, esto se puede deber a que en el medio se encuentran aminoácidos, N, P, Mg, S, ácidos grasos y péptidos, además que contiene metabolitos sintetizados por B. siamnesis que estimulan el desarrollo de la planta.

Cuadro 1. Comparación de medias del no. de nudos, no. de silicuas, peso total de semillas por planta y no. de semillas por silicua entre los diferentes FC con respecto a los tratamientos control.

Tratamiento	No. de nudos (planta^{-1})	No. de silicuas (planta^{-1})	No. de semillas (silicua^{-1})	Peso total smillas (mg planta^{-1})
Control	47 ± 2 b	1045 ± 42 b	54 ± 1 d	683.8 ± 43.0 c
FC-LB	61 ± 5 a	1347 ± 237 a	60 ± 1 bc	836.0 ± 47.8 ab
FC-Melaza	63 ± 6 a	1327 ± 85 a	61 ± 2 bc	848.3 ± 67.1 ab
FC-HP-25	59 ± 5 a	1168 ± 119 ab	66 ± 2 a	924.6 ± 47.7 ab
Melaza*	61 ± 5 a	1269 ± 106 ab	58 ± 2 c	794.4 ± 74.1 bc
HP-25*	59 ± 3 a	1201 ± 72 ab	62 ± 1 b	882.9 ± 71.8 ab

Los valores representan la media ± SD. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas mediante la prueba de Tukey (p≤0.05).

Conclusiones

Los resultados indican que el uso de melaza de azúcar como medio sustituto de caldo LB es una alternativa eficaz para reproducir un posible producto bioestimulante a base de *B. siamensis* para uso agrícola. Del mismo modo, el uso de un medio a base de caldo de pollo como cultivo se puede implementar para la producción de metabolitos con interés agrobiotecnológico. No obstante, cabe mencionar que para aplicar estos MC es necesario realizar más caracterizaciones debido a que sus composiciones pueden variar según las fuentes de origen. La elaboración de un bioinsumo o bioestimulante a partir de *B. siamnesis* M113 puede ser escalable para grandes producciones de cultivos agrícolas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Ageadecimientos al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía y Veterianaria de la UASLP por el apoyo en la realización del experimento y el financiamiento del trabajo. Agradecimientos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de posgrado, número de CVU: 1133193.

Referencias bibliográficas

Backer R, Rokem JS, Ilangumaran G, Lamont J, Praslickova D, Ricci E, Smith DL. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. Frontiers in Plant Science 9:1473. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473

Bispo RLB, Ceccato-Antonini SR, Tosta CD, Fontanetti A, Prado VS, Takita MA, Rosa-Magri MM. (2023). Sugarcane molasses as substrate to soil yeasts: Indole-3-acetic acid production and maize initial growth promotion. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 47:102618. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102618

Yakhin OI, Lubyanov AA, Yakhin IA, Brown PH. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. Front. Plant Sci 7:2049. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049

EFECTO DEL FOTOPERIODO SOBRE EL CRECIMIENTO Y METABOLISMO *in vitro* DE *Plumbago pulchella* EN MEDIO LÍQUIDO

Cesar Antonio Colunga Silva[1], Ximena Valeria Martínez Sánchez[1], Yolanda Pozos Ruiz[1], Miguel Verástegui Vidal[1], Sergio Camacho Montiel[1], Gerardo Ortiz Montiel[1]*

[1]Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, Unidad de Morfología y Función, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM.
*Autor para correspondencia: jgerardo@unam.mx

Palabras clave: Plumbagina, in vitro, fotoperiodo, medio líquido.

Introducción

Las naftoquinonas son compuestos químicos naturales con estructura característica de dos grupos carbonilo en posiciones 1,4 del anillo naftalénico. Estos metabolitos se encuentran de forma natural en plantas, hongos, bacterias e incluso en algunos animales, y se les atribuyen importantes propiedades biológicas como actividad antiparasitaria, antifúngica, antibacteriana y anticancerígena (Bruneton, 2001). Entre estas, destaca la plumbagina (2-metil-5-hidroxil-1,4-naftoquinona), un compuesto presente en hojas, raíces y corteza de diversas especies pertenecientes principalmente a las familias Plumbaginaceae, Droseraceae y Ebenaceae (López *et al*., 2011). En México, la especie *Plumbago pulchella*, conocida como chiricua o hierba de alacrán, especie que posee valor ornamental y medicinal, presenta una amplia distribución en el Bajío, en estados como Hidalgo, Querétaro, Michoacán y Guanajuato, en altitudes que oscilan entre 900 y 2000 metros sobre el nivel del mar (Calderón de Rzedowski, 1996). Las poblaciones silvestres de *Plumbago pulchella* han disminuido debido al crecimiento urbano y a las dificultades inherentes a su propagación natural, lo que limita la disponibilidad de material vegetal para el aprovechamiento medicinal y la investigación. De acuerdo con esto, las técnicas de cultivo de tejidos vegetales o micropropagación se plantean como una alternativa para la propagación de esta especie. Esta técnica sería una opción viable para satisfacer las necesidades de la industria farmacéutica y la investigación biomédica sin comprometer las poblaciones silvestres. Estas técnicas han sido aplicadas en medios semisólidos en especies como *P. zeylanica, P. rosea, P. europaea* y *P. auriculata* (Kumar *et al*., 2023). Sin embargo, diversos estudios sugieren que el cultivo en medio líquido favorece el crecimiento y desarrollo vegetal, así como la producción de biomasa, brotes, raíces y embriones somáticos, debido a una mayor disponibilidad de agua y nutrientes y una reducción de la resistencia a la difusión (Ascough y Fennell, 2004).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de fotoperiodo sobre el crecimiento y la fisiología de *Plumbago pulchella* cultivada *in vitro* en medio líquido.

Materiales y métodos

Se multiplicaron brotes de *P. pulchella* a partir de plántulas obtenidas de Huapalcalco, Tulancingo, Hidalgo, cultivadas en medio Murashige y Skoog, 1962 (MS) adicionado con inositol (100 mg/L), tiamina (0.4 mg/L), sacarosa (30 g/L) y agar (5 g/L), pH 5.7, bajo condiciones estériles a 22-26°C y fotoperiodo de 16 horas de luz por 30 días.

De las plántulas obtenidas se obtuvieron explantes de tallo con un nudo que se resembraron en matraces Erlenmeyer con 50 ml de medio líquido MS (sin agar) con tres fotoperiodos. 16 h luz / 8 h oscuridad; 12 h luz / 12 h oscuridad y 8 h luz / 16 h oscuridad. Los cultivos se mantuvieron 40 días bajo agitación (100 rpm) y se evaluaron las siguientes variables morfológicas y fisiológicas: Clorofilas y carotenoides: Se extrajeron con acetona al 80% y se cuantificaron espectrofotométricamente siguiendo a Wellburn (1994). Fluorescencia de clorofila a: Se realizó mediante el análisis OJIP con un Fluorómetro (FluorPen FP100). Plumbagina: Se extrajo en tejido seco con metanol y cloroformo, y se cuantificó espectrofotométricamente de acuerdo con Shalini *et al*. (2010). Proteínas solubles: Se determinaron mediante el método de Bradford (1976). Actividad peroxidasa: Se midió mediante la oxidación de guayacol (Mendoza y Herrera, 2012). Prolina libre: Se cuantificó mediante el método de Bates *et al*. (1973). Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando SigmaPlot v.11.

Resultados y discusión

La micropropagación en medio semisólido fue exitosa, permitiendo obtener suficiente material vegetal para los experimentos (Figura 1). En medio líquido, tras 40 días de cultivo, no se observaron diferencias significativas en número de brotes o altura entre los distintos fotoperiodos, aunque el fotoperiodo de 16 h mostró plantas ligeramente más bajas, sugiriendo una posible respuesta de elongación bajo menor luz, aunque no significativa (Figura 2). El fotoperiodo de 16 h presentó consistentemente menor biomasa en vástagos y raíces. El menor tamaño y peso fresco total en estas condiciones puede atribuirse a un estrés lumínico, donde la planta prioriza la estabilidad fotosintética sobre el crecimiento estructural.
La curva OJIP mostró mayor eficiencia fotosintética en el fotoperiodo de 16 h, evidenciado por la reducción en la fluorescencia máxima (F□), lo que indica una mayor actividad fotosintética (Figura 3). Asimismo, este tratamiento presentó mayores concentraciones de clorofila a, b y carotenoides, lo cual es consistente con la mayor exposición lumínica y la consecuente necesidad de captar y procesar energía solar.

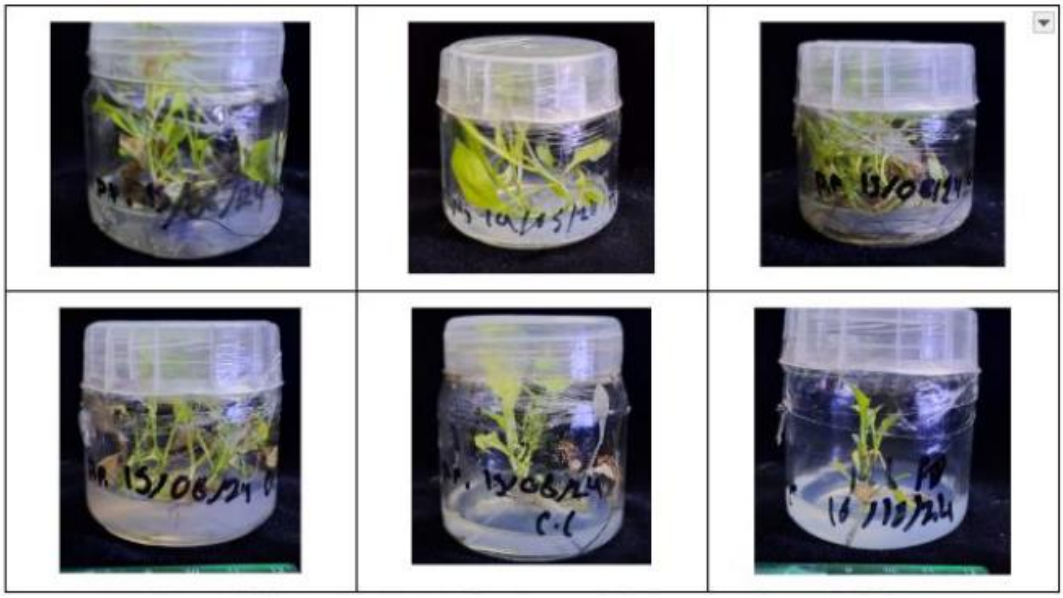


Figura 1. Reproducción de Plumbago pulchella en medio semisólido.

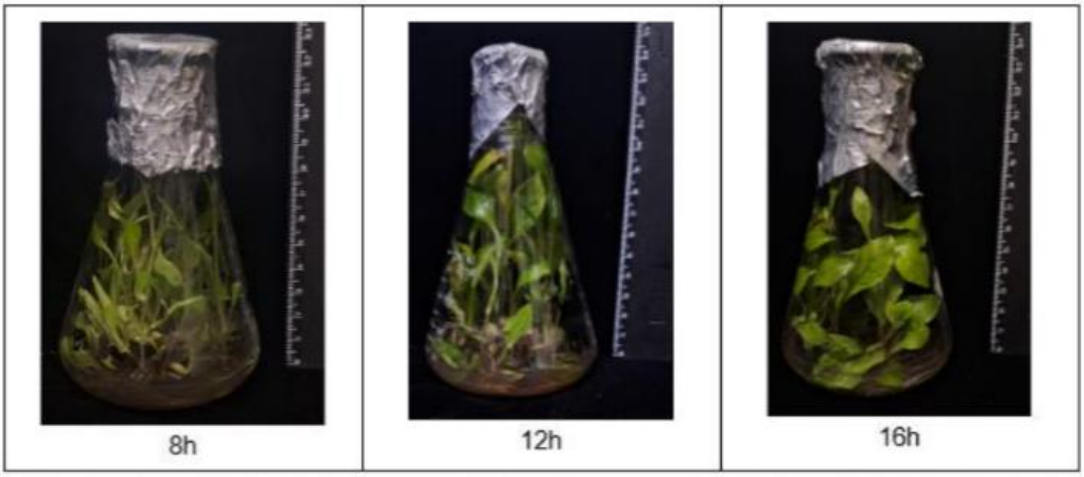


Figura 2. Crecimiento *in vitro* de *Plumbago pulchella* en medio líquido, después de 40 días, a diferentes fotoperiodos; 8, 12 y 16 horas de luz diaria, respectivamente.

Los niveles de prolina y actividad peroxidasa fueron mayores en los fotoperiodos de 12 y 16 h, indicando un estrés moderado y un aumento en las defensas antioxidantes. La mayor concentración de proteínas en el fotoperiodo de 16 h refleja un esfuerzo de la planta por mantener la integridad del aparato fotosintético bajo condiciones estresantes.

Se observó una mayor concentración de plumbagina en vástagos y raíces bajo el fotoperiodo de 16 h, particularmente en el vástago (96.15 mg/g). Este hallazgo coincide con estudios previos en *P. zeylanica*, donde fotoperiodos largos incrementan la síntesis de este metabolito bioactivo.

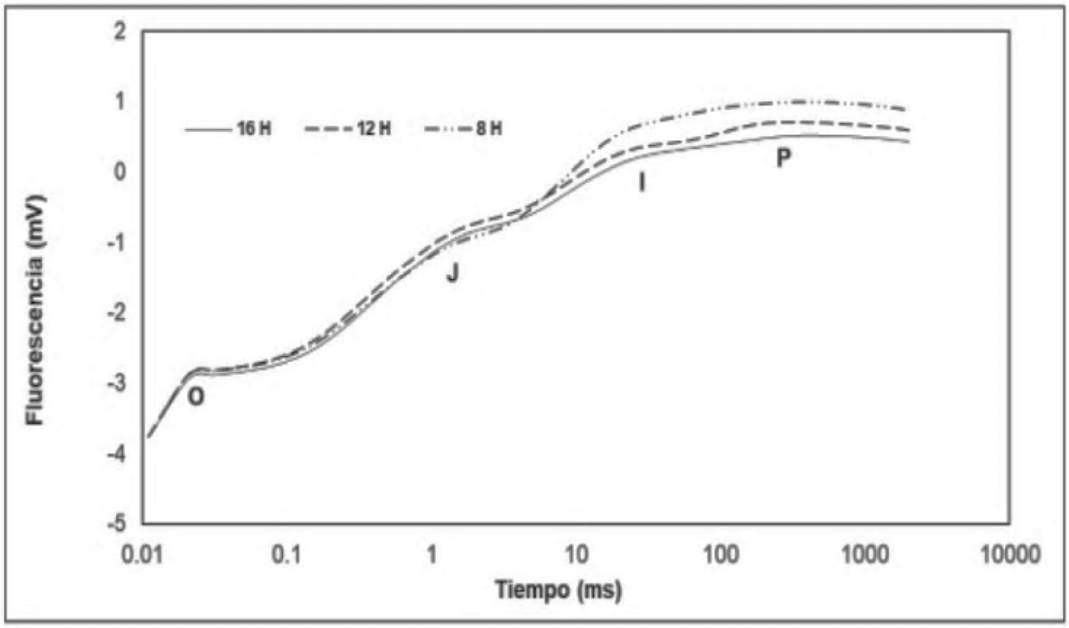


Figura 3. Curvas de fluorescencia transitoria OJIP obtenidas bajo tres fotoperiodos distintos (16, 12 y 8 horas de luz.

Conclusiones

El fotoperiodo influyó significativamente en la fisiología y metabolismo de *P. pulchella* en cultivo *in vitro* en medio líquido. El fotoperiodo de 16 h favorece la fotosíntesis y la producción de plumbagina, aunque limita el crecimiento y la biomasa debido al estrés lumínico. En contraste, el fotoperiodo de 12 h promueve mayor biomasa y un balance fisiológico más favorable, posicionándolo como el más adecuado para la propagación de la especie. Además, el cultivo en medio líquido favorece el desarrollo radicular, facilitando la posterior transferencia a suelo.

Referencias bibliográficas

Ascough, G. D. y Fennell, C.W. (2004). The regulation of plant growth and development in liquid culture. *South African Journal of Botany* 70(2): 181–190.

Calderón, D.R. (1996). Familia Plumbaginaceae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 44. Instituto de Ecología A.C.

Harmutk L. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzimology*, 148, 350-382.

Kumar, P. D., Katoch, K., Das, T., Majumder, M., Dhama, K., Bhagwan, M. A., Valsala, G. A. y Dey, A. (2023). Approaches for *in vitro* propagation and production of plumbagin in *Plumbago spp*. Applied Microbiology and Biotechnology. 107:4119-4132.

Murashige, T. y Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and BioAssays with Tobacco Tissue Cultures. Physiologia Plantarum. 15 (3): 473-497.

ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE FIJACIÓN DE NITRÓGENO DE CINCO CEPAS BACTERIANAS MEDIANTE MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO

Ana Laura Ramírez-Córdova[1], Pablo Delgado-Sánchez[1*], María de la Luz Guerrero-González[1], Itzel G. Arteaga-Ríos[1], Francisco Javier Morales-Flores[2], Catarina Loredo-Osti[1]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, [2]Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados.
*Autor para correspondencia: pablo.delgado@uaslp.mx

Palabras clave: Azul de bromotimol, bacterias diazatrófas, medio NFb.

Introducción

El nitrógeno (N) es un nutriente vital para el desarrollo de las plantas, a pesar de ser muy abundante en la atmósfera, estas no pueden asimilarlo directamente. En la agricultura este nutriente se ha aportado al suelo mediante fertilizantes químicos, pero debido al mal manejo y a los altos costos de su implementación, se abre la puerta a la innovación para la búsqueda de alternativas como la aplicación de abonos orgánicos y de inoculantes.

Las poblaciones microbianas y sus interacciones son elementos cruciales en el sistema suelo-planta continuo, influyendo en el desarrollo de los cultivos. La fijación biológica del N atmosférico por bacterias diazotróficas representa el segundo proceso más importante en la naturaleza, después de la fotosíntesis. Este proceso de conversión del nitrógeno atmosférico se debe a la capacidad de algunas bacterias para sintetizar la nitrogenasa (Pérez-Cordero *et al*., 2014). Estas bacterias pueden establecer asociaciones con diversas especies vegetales lo que permite que pongan N a disposición de las plantas.

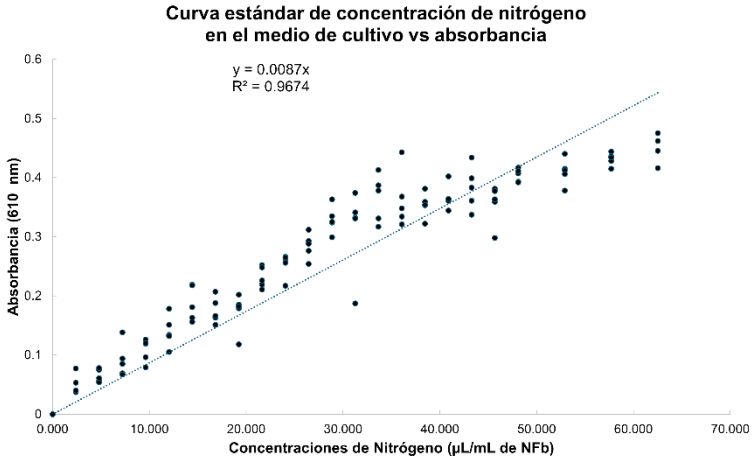
Existen diversos procedimientos utilizados para cultivar y aislar bacterias diazotróficas del suelo, de la superficie radicular y de tejidos vegetales, basados en formulaciones de medios semisólidos sin N. Uno de estos procedimientos es el medio de cultivo NFb, donde, el cambio de color de verde a azul en el medio es un indicador del crecimiento de bacterias fijadoras de N. Este cambio surge debido a la presencia de azul de bromotimol, cuya estructura y color dependen del pH, los iones amonio se acumulan en el medio de cultivo y modifican el pH (Baldani *et al*., 2014).

El siguiente paso después de identificar a una bacteria fijadora de N es cuantificar el N fijado, sin embargo, en las metodologías descritas la mayoría tienen como limitantes sensibilidad, especificad, costos y tecnología requerida para llevarse a cabo. Debido a lo anterior Córdova-Rodríguez *et al,* (2022) proponen un método basado en espectrofotometría que detecta el cambio y color del azul de bromotimol. El objetivo del presente estudio fue cuantificar la fijación de N de cinco cepas bacterianas mediante el método propuesto por Córdova-Rodríguez *et al.* (2022), dicho método se consideró debido al bajo costo, simplicidad y sensibilidad.

Materiales y métodos

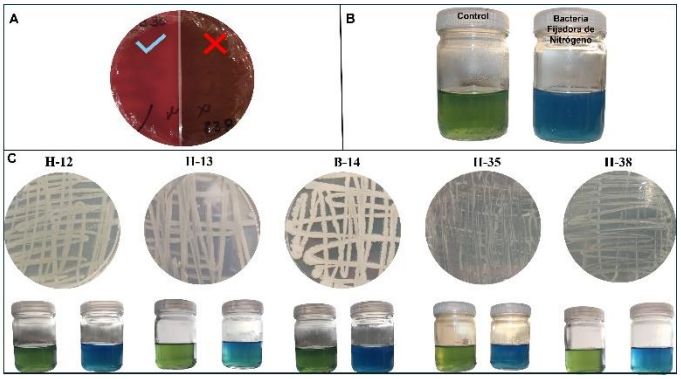
La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se tomaron 100 g de muestras de suelo en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, SLP., a una profundidad de 15 cm. Todas las muestras se transportaron en frascos estériles y en frío al laboratorio. Para el aislamiento de bacterias se tomó 1 g de cada muestra, y se prepararon diluciones seriadas de 10^{-1} a 10^{-6}. Se realizaron inoculaciones de las diluciones en agar LB y se incubaron a 30 °C por 48 h. Durante 48 h se realizó un monitoreo de crecimiento bacteriano para separar y purificar. Las cepas obtenidas se sometieron a una prueba hemolítica, medio agar sangre, para descartar aquellas que fueran patógenas para el ser humano. Posteriormente se realizó la última selección de cepas utilizando el medio semisólido NFb (Baldani *et al*., 2014).

Se realizó una curva de calibración, utilizando 23 tubos con 2 mL de medio NFb estéril en cada uno. A continuación, se añadió solución de NH_4OH 0.93 N en las siguientes cantidades: 0,5, 1,0, 1,5, 2, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 5,5, 6,0, 6,5, 7,0, 7,5, 8,0, 8,5, 9,0, 9,5, 10,0, 11,0 y 12,0 µL. Utilizando HCl a 1.42 N como estándar secundario. El volumen total de cada tubo se ajustó a 3 mL con medio NFb. Se calculó la concentración de N en cada tubo de ensayo en función del volumen total y del volumen de la solución de NH_4OH que se añadió. Las pruebas de densidad óptica se realizaron a 610 nm utilizando un espectrofotómetro. Las mediciones se llevaron a cabo por cuadruplicado para obtener una curva estándar de cómo la absorción depende de la concentración de N (Figura 1).



Figuras 1. Curva estándar de concentración de nitrógeno en el medio de cultivo NFb vs absorbancia.

Las cepas previamente seleccionadas se cultivaron en medio líquido libre de N con azul de bromotimol (NFb) a un pH de 6.5 (Córdova-Rodríguez *et al*., 2022) anteriormente esterilizado a 120 °C. Se añadieron 100 µL de inóculo de cepas bacterianas crecidas en caldo de cultivo LB a 4.9 mL de medio NFb estéril y se incubó a 25 ± 2°C durante 72 h con agitación constante (150 RPM). Pasadas las 72 h los tubos se centrifugaron a 4000 RPM durante 20 min. La densidad óptica se midió a 610 nm. El medio nutritivo Nfb estéril sirvió como control. La cantidad de N fijado por las bacterias seleccionadas se obtuvo utilizando la curva (Figura 1) que mostraba la dependencia de la concentración de N en el medio nutritivo de la densidad óptica de las soluciones estándar.



Figuras 2. Pruebas de selección de cepas. A: prueba hemolítica, la bacteria se selecciona si existe una ausencia de hemolisis (√); B: cultivo en medio semisólido NFb, el cambio de coloración de verde a azul es indicador de que la bacteria fija nitrógeno atmosférico. C: Las cinco cepas seleccionadas.

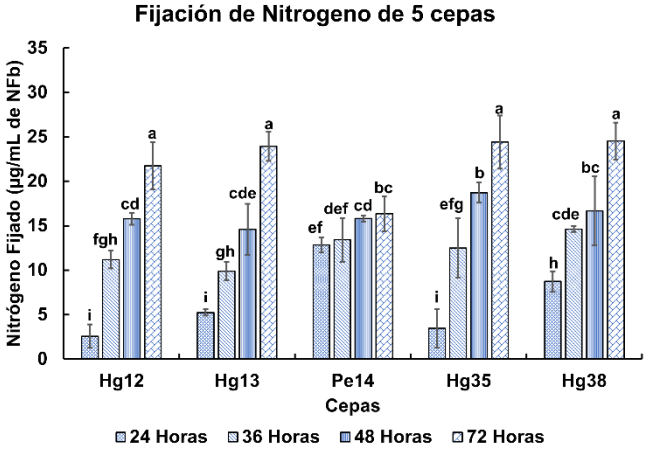
Los datos fueron analizados mediante ANOVA de dos vías, comparando las medias mediante el método Tukey, en el programa SAS. El nivel de significancia fue con valor de P = 0.05. Los experimentos se realizaron con dos réplicas y cuatro repeticiones para cada uno.

Resultados y discusiónes

De las muestras de suelos se aislaron un total de 60 cepas, posterior a las pruebas hemolíticas se descartaron 25 cepas y después de la prueba del cultivo en medio semisólido NFb (Figura 2) finalmente se seleccionaron cinco cepas identificadas como: Hg 12, Hg 13, Hg 35, Hg 38 y Pe 14. Con el medio semisólido NFb se han identificado diversas bacterias pertenecientes al género *Azospirillum* y *Azoarcus* (Baldani *et al*., 2014).

La fijación de N por las bacterias seleccionadas durante las primeras 24 h varió de 2.55 µg/mL (Hg 12) a 12.81 µg/mL (Pe 14) µg/mL. Para las 36 h la cepa Hg 13 obtuvo la más baja fijación con 9.88 µg/mL mientras

que la Hg 38 fijó 14.62 µg/mL. Durante las 48 h la fijación de N se presentó entre los 14.59 µg/mL (Hg 13) y los 18.70 µg/mL (Hg 35), estos datos coinciden con el reporte de *Acinetobacter pitti* con 18.33 µg/mL (Córdova-Rodríguez *et al*., 2022) y *Klebsiella oxytoca* con 16.45 µg/mL (Faskhutdinova *et al*., 2024). Por último, a las 78 h la fijación de N llego a 24.51 µg/mL (Hg 38), quedando por debajo de lo que reportan Córdova-Rodríguez *et al*. (2022) para *Estenotrofomona maltofila* con 42.05 µg/mL para las 48 h (Figura 3).



Figuras 3. Fijación de nitrógeno de las cinco cepas seleccionadas (Hg 12, Hg 13, Hg 35, Hg 38 y Pe 14) durante 24, 36, 48 y 72 horas después de la inoculación.

Conclusiones

El método de espectrofotometría es capaz de detectar diferencias significativas en la capacidad de fijación de N de distintas cepas bacterianas. Se identificaron cinco cepas fijadoras de N, de las cuales la Pe 14 mostró la mayor fijación de N en 24 horas con 12.81 µg/mL y las cuatro cepas restantes mostraron mayor fijación a las 72 horas

Agradecimientos y fuentes financiadoras

Agradecemos al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por prestarnos sus instalaciones y financiar esta investigación. De igual manera al Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por la beca proporciona al estudiante de Doctorado con CVU 945706.

Referencias bibliográficas

Baldani, J. I., Reis, V. M., Videira, S. S., Boddey, L. H., & Baldani, V. L. D. (2014). The art of isolating nitrogen-fixing bacteria from non-leguminous plants using N-free semi-solid media: a practical guide for microbiologists. Plant Soil, 384, 413–431. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2186-6

Cordova-Rodriguez, A., Rentería-Martínez, M., López-Miranda, C., Guzmán-Ortíz, J., & Moreno-Salazar, S. (2022). Simple and sensitive spectrophotometric method for estimating the nitrogen-fixing capacity of bacterial cultures. https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101917

Faskhutdinova, E. R., Fotina, N. V., Neverova, O. A., Golubtsova, Y. V., Mudgal, G., Asyakina, L. K., & Aksenova, L. M. (2024). Extremophilic bacteria as biofertilizer for agricultural wheat. Foods and Raw Materials, 12(2), 348–360. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-2-613

Pérez-Cordero, A., Tuberquia-Sierra, A., & Amell-Jímenez, D. (2014). actividad in vitro de bacterias endófitas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfatos. Agronomía Mesoamericana, 25, 213–223.

DIVERSIDAD GENÉTICA DE VARIEDADES DE NOCHEBUENA MEDIANTE MARCADORES MOLECULARES

Sandra Eloísa Rangel-Estrada[1]*, Ana Luisa Cardelas-Miranda[2], Ramón Suárez-Rodríguez[3], Jaime Canul-Ku[1], Edwin Javier Barrios-Gómez[1]

[1]C.E. Zacatepec, INIFAP; [2]TecNM Campus Zacatepec; [3]CEIB, UAEM.
*Autor para correspondencia: rangel.sandra@inifap.gob.mx

Palabras clave: Nativa, ornamental, Alondra, Rubí.

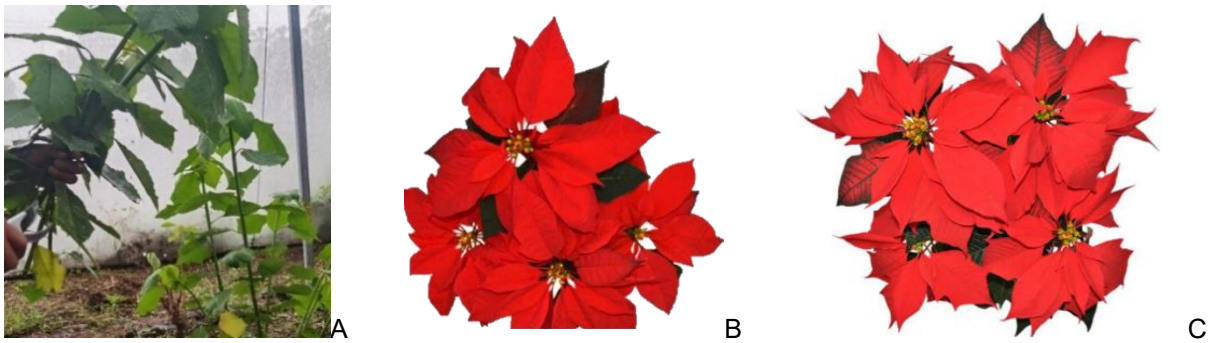
Introducción

La nochebuena *Euphorbia pulcherrima Will. Ex klotzsch* tiene como origen México, siendo una planta con una alta demanda comerial por lo que su estudio comprende desde la selección con los mejores atributos como el número de ramas, la arquitectura de la planta, el color de las brácteas y hojas, entre otras características. Sin embargo, su diversidad y relación de parentesco con otras variedades comerciales del extranjero, inclusive con materiales nativos, ha sido poco estudiada, así como su protección, conservación y mejoramiento genético en México. Los marcadores RAPD (Random Amplified Polimorphic DNA o fragmentos polimórficos amplificados al azar) desarrollados como una manera alternativa para la detección rápida de polimorfismos entre individuos utilizando un solo iniciador de secuencia arbitraria y la amplificación de fragmentos al azar de ADN a través de la reacción en cadena de la polimerasa (Williams *et al*., 1990). El objetivo de este trabajo es determinar la relación interespecífica de las variedades registradas de nochebuena de interior Alondra y Rubí mediante marcadores moleculares RAPD útiles para la caracterización del germoplasma y del programa de mejoramiento de nochebuena en el INIFAP.

Materiales y métodos

Material Vegetal. El material genético se obtuvo de plantas madre del Banco de Germoplasma de Nochebuena de las variedades registradas y con título de obtentor Alondra y Rubí (Figura 1) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatepec a través de su programa de mejoramiento genético. Alondra, es el primer material de nochebuena producto de cruzamiento manual entre OAX14P4*MORFRN1015-9 realizado en el año 2010, mediante los procedimientos señalados por Canul *et al*. (2015). La variedad Rubí se originó mediante la cruza manual entre los progenitores denominados MOR13P2 × MORPRN1015-4 en 2010 (Canul-Ku *et al*., 2017). Además de utilizar dos materiales nativos (colecta) y dos variedades comerciales para su comparación, con un total de 6 accesiones.

Colecta. Durante la primavera se recolectó material vegetal joven de invernadero e *in vitro* de los progenitores de Alondra (Oax 14P4 y Mor FRN1015-9) y Rubí (Mor 13P2 y Mor PRN1015), así como de las variedades comerciales, con características deseables para su estudio (tallos jóvenes, sin plagas, enfermedades). Las varetas fueron colocadas en bolsas de plástico estériles, etiquetadas y trasladadas en hielera al laboratorio para su análisis molecular.



A B C

Figura 1. Variedades de nochebuena de interior para análisis molecular. A) Varetas en estado vegetativo colectadas en el Banco de Germoplasma. B) Variedad Alondra; C) Variedad Rubí.

Caracterización molecular y Extracción de ADN. El material vegetal se almaceno a -80˚C en un ultra congelador (Revco®), para la extracción del ADN junto con un kit Zymon Research (Quick-DNA™

Plant/Seed Miniprep Kit) (Anexos) con algunas modificaciones. Se trabajó mediante PCR empleando marcadores RAPDS para brindar la información relacionada con los progenitores y respaldar las patentes del banco de germoplasma de las variedades desarrolladas por el INIFAP. El ADN se obtuvo de 150 mg de hojas jóvenes de las 6 accesiones para cuantificarlo, amplificarlo y evaluar su calidad. La concentración de las 6 muestras de ADN se ajustó a 10 ng/ µL. La cuantificación se llevó a cabo en un NanoDrop 2000 para después medir el grado de integridad del ADN por electroforesis a partir de una alícuota de 5 µL de la muestra de ADN en gel de agarosa al 1%, la cámara de electroforesis trabajo a 80V durante 15 min; posteriormente el gel se colocó en un foto-documentador para fotografiarse mediante el programa Doc-it.
*Amplificación RAPD. S*e llevó a cabo con 21 iniciadores con una secuencia aleatoria de 10 nucleótidos de T4OLIGO® (T4OLIGO; Irapuato; Gto). La mezcla de la reacción contenía 2.5µL de dNTPs (2 µM),2.5 µL de amortiguador 10X (buffer PCR),0.75 µL $MgCl_2$ (50 mM), 2 µL de primer,0.2 µL de enzima Taq® ADN polimerasa a una concentación de 5U μL^{-1}, 6 µL de ADN a una concentración de 50 ng μL^{-1}, 11.05 de agua esterilizada desionizada todo justado todo a 25 µL. La amplificación se realizó en un termociclador PERKIN ELMER® Cetus Model 480. En el que comprendió un ciclo de pre desnaturalización a 94ºC por 4 min, 37 ciclos de desnaturalización a 94ºC por 1 min, alineación a 36ºC por 1min y una extensión a 72ºC por 2min. La separación de fragmentos amplificados se hizo por electroforesis en 1.5 % del gel de agarosa a 85V por 50 min. Las bandas fueron reveladas con bromuro de etidio y fue documentado utilizando el programa Doc-it.
La comparación como variedades únicas fue con bandas ausentes o presentes, para calcular el porcentaje de polimorfismo se utilizó la fórmula:

$$Porcentaje\ de\ polimorfismo = \left(\frac{número\ de\ bandas\ polimorficas}{número\ total\ de\ bandas} \right) \times 100$$

El tamaño de los fragmentos de ADN amplificados por RAPD se obtuvo mediante el programa Gel Compare Software®.

Resultados y discusión
La amplificación con los marcadores RAPD mostraron un número total de bandas en Alondra de 278 y Rubí de 252 de los cuales, los marcadores Euph9, Euph16 y Euph21 amplificaron un mayor número de fragmentos (Figura 2). Los datos obtenidos en este estudio mostraron un alto polimorfismo para Alondra y Rubí.

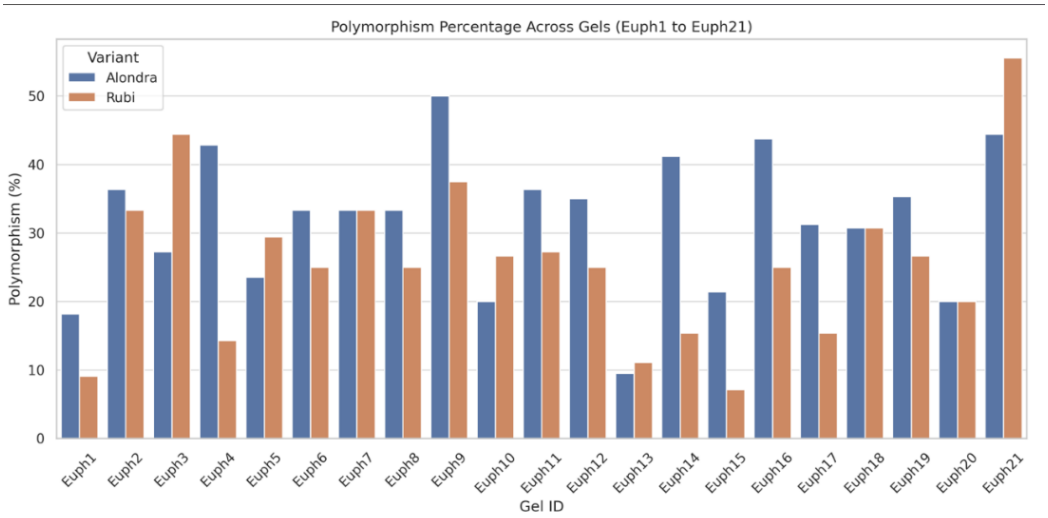


Figura 2. Porcentaje de polimorfismo en las variedades de nochebuena Alondra y Rubí.

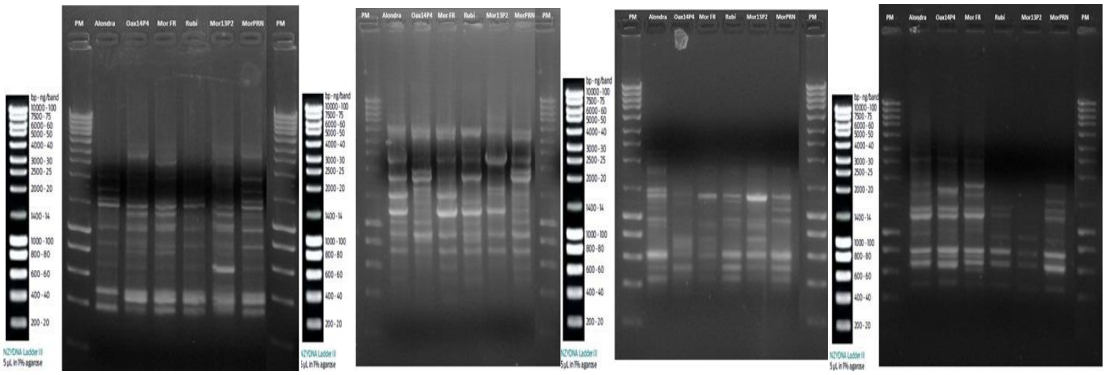


Figura 3. Geles de agarosa con amplificación de ADN con RAPD en nochebuena.

El tamaño de los fragmentos de ADN amplificados por RAPD obtenidos por electroforesis (Figura 3), fue analizada mediante el programa Gel Compare Software® y muestra un alto polimorfismo entre las variedades Alondra y Rubí.

Conclusiones

El análisis mostró un alto nivel de diversidad o polimorfismo en las variedades Alondra y Rubí con los marcadores Euph9, Euph16 y Euph21.

La obtención de nuevas variedades de nochebuena es de gran importancia económica para productores del estado de Morelos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP, Campo Experimental Zacatepec, por proporcionar los espacios del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales *in vitro* y el Banco de Germoplasma de Nochebuena del Campo Experimental Zacatepec, Morelos, INIFAP, así como al Laboratorio de Fisiología Molecular de Plantas (LFMP) en el Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB), de la UAEM, para que se llevara a cabo este proyecto de tesis y estancia de investigación.

Referencias bibliográficas

Canul, K. J.; García, P. F.; Barrios, G. E.; Campos B. E.; Osuna, C. F.; Ramírez, R. S. y Rangel, E. S. 2015. Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch). Agroproductividad. 8:32-37.

Canul-Ku, J.; García-Pérez, F.; Barrios-Gómez, E. J.; Rangel-Estrada, S. E.; Ramírez-Rojas, S. G. y Osuna-Canizalez, F. 2017. Variación generada mediante recombinación genética en *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch. Agroproductividad. 10:13-17.

Williams, J.G.K.; Kubelik, A.R.; Livak, K.J.; Rafalski J.A. and Tingey, S.V. 1990. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res.

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE CASCARILLA DE CACAO PARA USO EN HARINAS ALIMENTICIAS

Ana Laura Reyes-Reyes*[1], Misael Martínez-Bolaños[1], Rosalío Reyes-Reyes [2] y Carlos Hugo Avendaño-Arrazate[3]

[1]INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa. [2]Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional. [3]INIFAP -Centro Nacional de Recursos Genéticos.
Autor para correspondencia: reyes.ana@inifap.gob.mx

Palabras claves: Cascarilla, valorización alimentaria y*Theobroma cacao*.

Introducción

El cacao es uno de los cultivos de alto valor a nivel nacional como mundial y sus semillas se emplean como materia prima para la elaboración del chocolate y otros productos. Por lo anterior, en la industria cacaotera genera un importante volumen de residuos, siendo la cáscara y cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) los principales agroresiduos poscosecha, ya que representan aproximadamente el 60 y 13 % del peso de la mazorca, respectivamente (Hernández *et al*., 2024). La cascarilla de cacao es tradicionalmente desechada y considerada sin ningún valor agrícola o industrial. Sin embargo, representa una fuente rica en fibra dietética, antioxidantes y compuestos bioactivos que la convierten en una opción atractiva para el desarrollo de harinas funcionales (Sánchez *et al*., 2023). En este sentido, su incorporación en productos alimenticios exige la implementación de tratamientos que garanticen la inocuidad microbiológica sin comprometer su valor nutricional ni sus propiedades funcionales (Rojo *et al*., 2020). Ante esta necesidad, la presente investigación se enfoca en evaluar distintos métodos de desinfección de cascarilla de cacao con el fin de establecer condiciones óptimas para su uso seguro en la formulación de harinas alimenticias, contribuyendo así a la valorización integral de este subproducto y al desarrollo de alimentos sostenibles. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia de distintos métodos de desinfección aplicados a la cascarilla de cacao para su posterior incorporación en harinas alimenticias, asegurando la reducción microbiana sin pérdida significativa de calidad nutricional.

Materiales y métodos

Se colectaron frutos de cacao cosechados en las parcelas experimentales del Campo Experimental Rosario Izapa (CERI), Tuxtla Chico, Chiapas. Los frutos fueron procesados en el Laboratorio de Innovación en Procesamiento Avanzado y Revalorización de Residuos del CERI. La cascarilla de cacao fermentada y seca fue almacenada en condiciones controladas hasta su procesamiento. Se emplearon seis tratamientos de desinfección: T1, termodesinfección (100°C)/15 min; T2, ácido acético al 2 %/15 min; T3, Peróxido de hidrógeno al 3 %/15 min; T4, Hipoclorito de sodio al 5 %/15 min; T5, desinfectante comercial (mycrodin)/15 min; T6, cascarilla sin tratamiento y dos métodos de enjuague para retirar los agentes desinfectantes: E1, agua de garrafón previamente hervida y E2, sin enjuague. Posteriormente, las muestras se dejaron escurrir 5 min y secadas a 100°C durante 3 h. Se midieron parámetros físicos de humedad residual y pH (CODEX Stan 105); microbiológicos: aerobios mesófilos, coliformes fecales, totales, mohos&levaduras y *Salmonella sp.* Finalmente, se realizó un análisis sensorial de cinco puntos para olor (1: muy desagradable, 2: desagradable, 3: neutro, 4: agradable y 5: muy agaradable) y color (1: muy pálido, 2: pálido, 3: color típico, 4: ligeramente más oscuro y 5: atractivo). Para el análisis de textura se empleó una escala de tres puntos (1: pegajosa, 2: flexible y 3: medianamente quebradiza). En el análisis sensorial participaron 20 personas previamente entrenadas para tal actividad. Para el análisis de las muestras se empleó un diseño completamente al azar con 12 tratamientos, por triplicado. Cada unidad experimental consistió en 50 g de cascarilla de cacao. Los datos fueron sometidos a ANOVA ($p<0.05$) y prueba de comparación de medias de Tukey.

Resultados y discusión

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas en los valores de pH entre los tratamientos ($p < 0.001$). Posteriormente, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD, que reveló que los tratamientos 2 y 3 presentan una disminución respecto al tratamiento 6 (control). La evaluación de las propiedades físicas en las diferentes muestras permitió determinar que para el parámetro pH, los tratamientos 2 y 3, mostraron una disminución respecto al tratamiento 6 (control). Lo anterior, puede

deberse a que en las muestras analizadas quedaron residuos de ácido acético y peróxido de hidrógeno, respectivamente, por lo que se requiere un mayor número de lavados para eliminar los residuos de desinfectantes (Figura 1A). Para el resto de las muestras, todas mostraron valores cercanos a 5.3, muy parecidos al tratamiento 6. En relación con el parámetro % de humedad, el valor osciló entre 6.9 y 7.0 %, porcentaje aceptable para el procesamiento de muestras y almacenamiento (Figura 1 B).

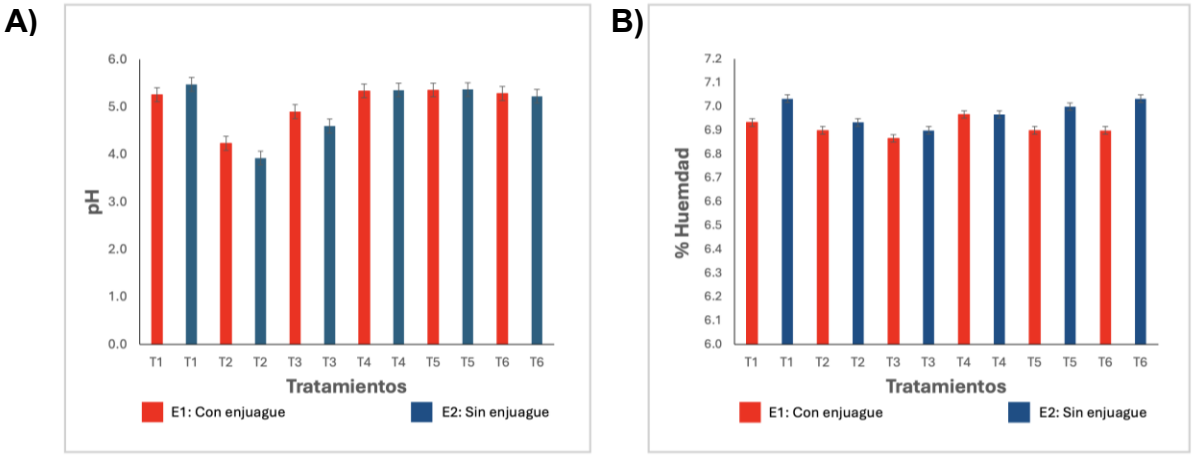


Figura 1. Determinación del parámetro físico en muestras de cascarilla sometidas a diferentes tratamientos de desinfección y enjuague. A) pH y B) % humedad después de secado.

En relación con el análisis microbiológico (Cuadro 1), las muestras sometidas a diferentes tratamientos de desinfección, permitieron observar que en T1 y T2 el crecimiento de microorganismos fue nulo, mientras que en los tratamientos T3 y T4, se observó crecimiento microbiano por debajo a lo permitido por la Norma Mexicana (NOM 147-SSA1-1996), Harinas de Cereales (avena), por lo que cumple con las especificaciones. Sin embargo, para el tratamiento T5, se observó crecimiento por encima de lo permitido por la citada norma, por lo que este tratamiento no fue efectivo para la desinfección. En ninguno de los tratamientos se determinó la presencia de microorganismo enteropatogénico *Salmonella*, por lo que el proceso de Buenas Prácticas de Manufactura empleado durante la manipulación de las muestras fue efectivo.

Cuadro 1. Resultados del análisis microbiológico de las muestras evaluadas con diferentes tratamientos.

Tratamiento	Mesófilos aerobios	Coliformes		Mohos y levadura	Salmonella
		Fecales	Totales		
T1E1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T1E2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T2E1	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T2E2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T3E1	<10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T3E2	<10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T4E1	<10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T4E2	<10	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Negativo
T5E1	81	2.6×10^2	40	260	Negativo
T5E2	97	2.1×10^2	100	220	Negativo
T6E1	10	Ausencia	Ausencia	75	Negativo
T6E2	10	Ausencia	Ausencia	73	Negativo

El análisis de la prueba hedónica (Figura 2) permitió determinar que el T4 (hipoclorito de sodio) afectó ligeramente el olor de la cascarilla respecto al T6 (control). En relación con el color de la cascarilla, los tratamientos T3 y T4 no afectan la apariencia del color y es similar al observado en el control, mientras que el resto de los tratamientos cambian ligeramente a un color más oscuro, sin embargo, es totalmente aceptable por los catadores participantes. La textura de la cascarilla fue muy similar entre el control y el T5, mientras que, para el resto de los tratamientos, las muestras se apreciaron más crujientes y completamente aceptable por los panelistas evaluadores.

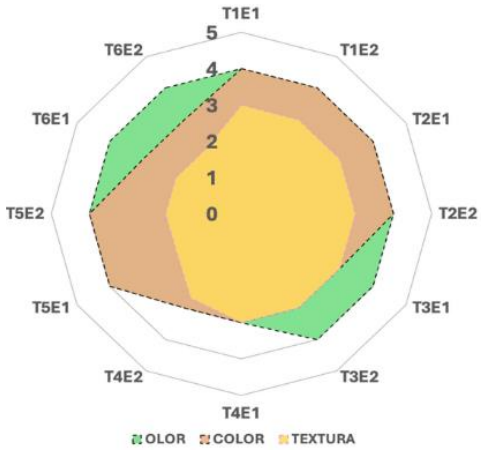


Figura 2. Resultados de la prueba hedónica.

Conclusiones

Los métodos de desinfección evaluados presentan ventajas y limitaciones. El tratamiento térmico (T1) presentó muy buena eficacia microbiológica y aceptación sensorial para los parámetros evaluados. El tratamiento con ácido acético (T2) y peróxido de hidrógeno (T3), limitaron el crecimiento microbiano, sin embargo, influyen en el parámetro de pH, lo que pudiera afectar el sabor en un producto alimenticio. El desinfectante hipoclorito de sodio (T4), aunque no promovió el crecimiento microbiano en altas concentraciones, se detectaron colonias permitidas por norma. El tratamiento con desinfectante comercial (T5), fue el menos efectivo ya que promovió crecimiento microbiano. Con base a los resultados, el tratamiento térmico es técnicamente viable para ser empleado como desinfectante de la cascarilla de cacao para su postertior uso en harinas como ingrediente en la elaboración de alimentos ya que garantiza la inocuidad alimentaria. Por su eficacia, el tratamiento térmico puede ser empleado por productores de cacao. Finalmente, este estudio promueve la revalorización de residuos agroindustriales como estrategia de economía circular, alineada con los objetivos de Desarrollo Sostenible 12 y 13, promoviendo el desarrollo de nuevos ingredientes funcionales de origen natural.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, actualmente SECIHTI, por el apoyo financiero al proyecto “Desarrollo de Innovaciones Tecnológicas para el manejo integral sustentable del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en México” y al INIFAP por el acceso al Laboratorio de Innovaciones en Procesos Avanzados y Revalorización de Residuos (LIPARR).

Referencias bibliográficas

Hernández-Domínguez, E.; Espinosa-Solís, V.; Hernández-Nava, R.G.; García-Barrientos, R.; Suárez-Rodríguez, C.d.P.; Gallardo-Bernal, P.; Figueroa-Wences, V.M.; Sánchez-Mundo, M.d.l.L. Valorization of Cocoa Bean Shell Agro-Industrial Residues for Producing Functional Hot Water Infusions. Processes 2024, 12, 2905. https://doi.org/10.3390/pr12122905

Sánchez M, Laca A, Laca A, Díaz M. Cocoa Bean Shell: A By-Product with High Potential for Nutritional and Biotechnological Applications. Antioxidants (Basel). 2023 Apr 28;12(5):1028. doi: 10.3390/antiox12051028. PMID: 37237894; PMCID: PMC10215647. Jan;115:200-208. doi: 10.1016/j.foodres.2018.08.057. Epub 2018 Aug 23. PMID: 30599932.

Rojo-Poveda O, Barbosa-Pereira L, Zeppa G, Stévigny C. Cocoa Bean Shell-A By-Product with Nutritional Properties and Biofunctional Potential. Nutrients. 2020 Apr 17;12(4):1123. doi: 10.3390/nu12041123. PMID: 32316449; PMCID: PMC7230451.

CODEX STAN-105 Codex standard for cocoa powders (cocoas) and dry mixtures of cocoa and sugars.

Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, semolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, semolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificacion. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.

RESPUESTAS MORFOGENÉTICAS EN *Pinguicula debbertiana* F. SPETA & F. FUCHS, CRECIENDO *in vitro* EN MEDIOS LÍQUIDOS

Ximena Valeria Martínez Sánchez[1], Cesar Antonio Colunga Silva[1], Yolanda Pozos Ruiz[1], Miguel Verástegui Vidal[1], Sergio Camacho Montiel[1], Gerardo Ortiz Montiel[1]*

[1]Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, Unidad de Morfología y Función, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM.
*Autor para correspondencia: jgerardo@unam.mx

Palabras clave: *Pinguicula debbertiana, in vitro*, fotoperiodo, medio líquido.

Introducción

El género *Pinguicula* corresponde a uno de los grupos de plantas insectívoras más exitosos, el cual posee una amplia distribución en las regiones templadas del hemisferio norte y con una notable presencia en México, lugar que es reconocido como el principal centro moderno de diversificación pues cuenta con alrededor del 50% de las especies en el país y la gran mayoría de ellas está descrita como microendémicas. El cultivo de tejidos vegetales permite propagar fácil y rápidamente especies de interés a partir de semillas o un explante, o el fragmento de una planta, que se coloca en un medio nutritivo para su regeneración hasta obtener un organismo completamente nuevo. *Pinguicula debbertiana* F. Speta & F. Fuchs, es una especie endémica mexicana que se comercializa por sus características ornamentales y no se ha reportado su reproducción *in vitro*. El cultivo de plantas en medio líquido genera diferencias en las respuestas al crecimiento y desarrollo, comparado con el medio semisólido. El desarrollo morfogénico, la tasa de crecimiento y la multiplicación de brotes, raíces y embriones somáticos mejora en medio líquido. El potencial que tienen las especies del género *Pinguicula* para ser utilizadas con fines ornamentales podría ponerlas bajo la condición de amenazadas debido a su restringida distribución y a la poca información que se tiene de estos organismos, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar las respuestas morfogenéticas de *P. debbertiana* creciendo en tres medios y en condiciones de semisólido y líquido a partir de explantes foliares, evaluando peso fresco, concentración de clorofilas, carotenos, proteína, prolina y la actividad peroxidasa, particularmente las dos últimas como indicadores de estrés inducido por las condiciones de medio y ambiente de cultivo.

Materiales y métodos

A partir de plántulas obtenidas previamente *in vitro*, se colocaron hojas como explantes en matraces Erlenmeyer de 250 ml con 50 ml de cada uno de los siguientes medios: Medio (1) - Medio MS a la mitad de su concentración de sales minerales con 100 mg L^{-1} de Mioinositol, 0.5 mg L^{-1} de tiamina y 20 g L^{-1} de sacarosa a pH 5.7; Medio (2) - Medio MS a la mitad de su concentración adicionado con 100 mg L^{-1} de Mioinositol, 0.5 mg L^{-1} de tiamina, 20 g L^{-1} de sacarosa, 1.0 mg·L^{-1} de BA + 1 mg·L^{-1} de ANA y pH 5.7, y Medio (3) – Medio MS a la mitad de su concentración, adicionado con 100 mg L^{-1} de Mioinositol, 0.5 mg L^{-1} de tiamina, 20 g L^{-1} de sacarosa, 1.0 mg·L^{-1} de BA + 1 mg·L^{-1} de Ácido indol-3-butiríco (AIB) y pH 5.7. Los tres medios se prepararon con y sin agar, y se esterilizaron en autoclave a 121°C y 1.05 Kg cm^{-2} por 15 min y se incubaron bajo 100 µmoles m^{-2} seg^{-1} y a 22-26°C en fotoperiodo de 16 horas luz/8 oscuridad durante 40 días. Los medios de cultivo líquidos se mantuvieron en agitación constante a 100 rpm, por 40 días. La concentración de clorofilas y carotenos se determinó de acuerdo con Harmutk (1987). La cuantificación de proteína se realizó de acuerdo con Bradford (1976). La actividad peroxidasa se midió siguiendo el método de Mendoza y Herrera (2012). La concentración de prolina se llevó a cabo según lo establecido por Bates *et al.* (1973). Los experimentos se realizaron bajo un diseño factorial completamente al azar con 5 repeticiones cada tratamiento. Los datos registrados se analizaron mediante el análisis estadístico descriptivo utilizando el programa informático SigmaPlot v.11.

Resultados

El peso fresco de los tejidos (Figura 1) fue mayor para los medios líquidos, en comparación con el peso de los tejidos en medio semisólido (0.706 g el valor más alto, correspondiente al medio con AIB y BA), destacando el medio líquido adicionado con ANA y BA, siendo este cultivo en el que presentó la mayor cantidad de tejido (7.6 g en promedio).

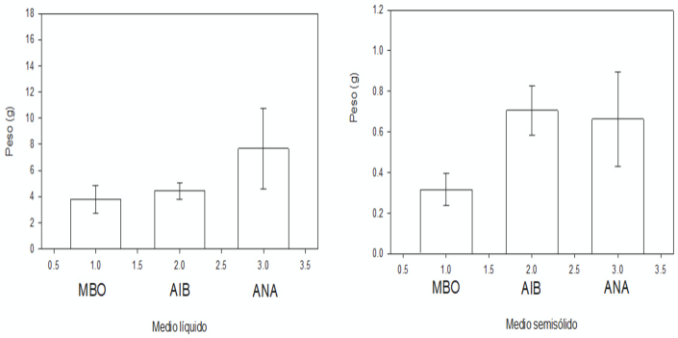


Figura 1. Promedios obtenidos para peso fresco en medio líquido (izquierda) y en medio semisólido (derecha). MBO; medio sin reguladores de crecimiento, AIB; medio adicionado con BA y AIB y, ANA; medio adicionado con BA y ANA.

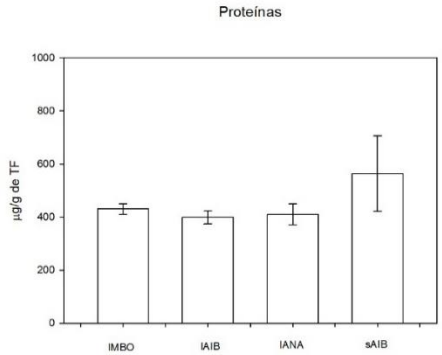


Figura 2. Promedios para las concentraciones de proteínas en (lMBO) medio líquido sin reguladores, (lAIB) medio líquido con BA y AIB, (lANA) medio líquido con BA y ANA y (sAIB) medio semisólido adicionado con BA y AIB.

Se aprecia una similitud entre los valores correspondientes a la concentración de proteínas de los tratamientos en medio líquido (Figura 2). El resultado que muestra la mayor concentración de proteínas (563 µg/g de TF) corresponde al medio semisólido con BA y AIB. La concentración de clorofilas *a* es mayor para los tratamientos desarrollados en medio semisólido, siendo el medio adicionado con AIB y BA el que posee la mayor concentración de este pigmento (14.6 µg/g de TF).
Respecto a la actividad de peroxidasas y concentración de prolina (Figura 4), el medio con BA y AIB en semisólido presentó una menor actividad peroxidasa (0.13 DO/min/g de TF), así como la mayor concentración de prolina en el promedio de sus repeticiones (26.3 µg/g de TF).

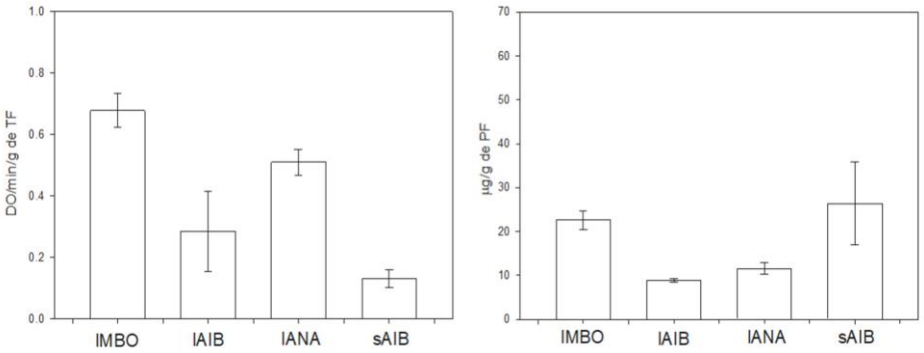


Figura 3. Comparación de la actividad de peroxidasa y concentración de prolina para los medios lMBO; medio líquido sin reguladores, lAIB; medio líquido con BA y AIB, lANA; medio líquido con BA y ANA y, sAIB; medio semisólido adicionado con BA y AIB.

La concentración de clorofilas *a* fue mayor para los tratamientos desarrollados en medio semisólido, siendo el medio adicionado con AIB y BA el que posee la mayor concentración de este pigmento (14.6 µg/g de TF). Esta misma situación ocurre para la concentración de clorofila b (4.35 µg/g de TF en BA y AIB semisólido) y la concentración de carotenos (3.92 µgramos/g de TF en BA y AIB semisólido) (Figura 4).
En la literatura se menciona que la actividad sinérgica de auxinas-citocininas adicionadas al medio favorece el desarrollo de brotes y raíces (Grevenstuk y Romano, 2012), especialmente los medios enriquecidos con AIB, fomentando el desarrollo de raíces, sin embargo, un hallazgo importante en este trabajo, para esta especie es su respuesta en este medio con BAP y IBA donde se generó una respuesta morfogenética no esperada, que fue la formación profusa de embriones somáticos (Figura 5).

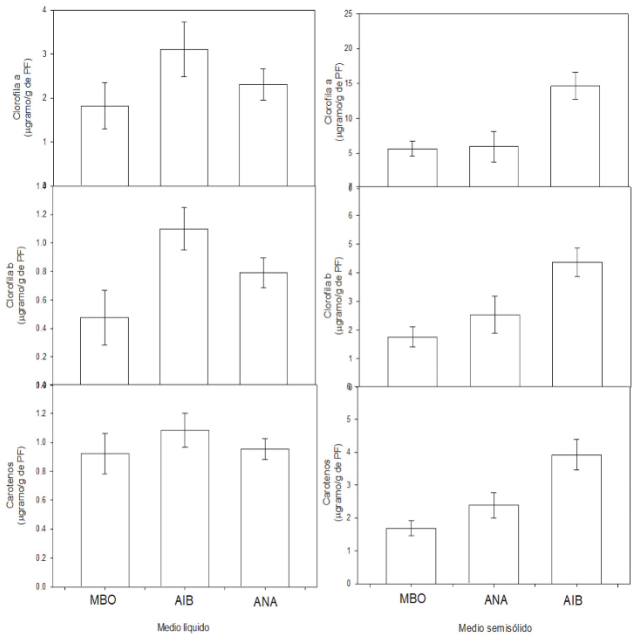


Figura 4. Comparación de las concentraciones obtenidas de clorofila a, clorofila b y carotenos para los tratamientos en medio líquido (izquierda) y medio semisólido (derecha).

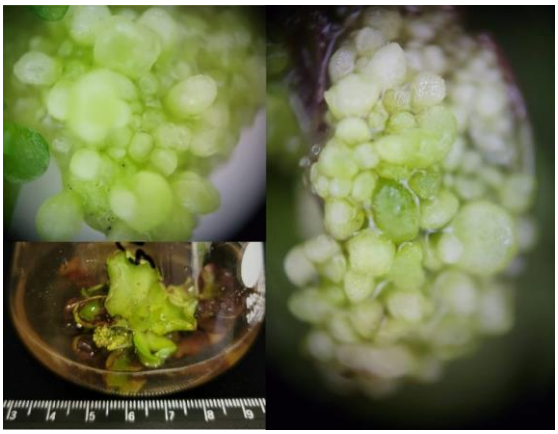


Figura 5. A) Embriones somáticos de *Pinguicula debbertiana* en medio semisólido con BA y AIB (200x), B) P. debbertiana creciendo en medio líquido con BA y AIB, C) embriones somáticos de medio líquido con BA y AIB.

Conclusiones

Los tratamientos en medio líquido mostraron mejor desarrollo en cuanto a peso en 40 días de cultivo en comparación con el medio semisólido. La morfogénesis observada en el medio con AIB y BA con una generación profusa de embriones somáticos es un hallazgo importante para la reproducción masiva de *Pinguicula debbertiana*.

Referencias bibliográficas

Ascough, G.D. and C.W. Fennell. 2004. The regulation of plant growth and development in liquid culture. South African Journal of Botany 70(2): 181–190.

Murashige, T., y Skoog, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with Tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, *15* (3) 473-497.

Pérez-Sánchez, J., Reyero-Saavedra, R., Pozos-Ruiz, Y., Verastegui-Vidal, M., & Ortiz-Montiel, J. G. (2017). In vitro propagation of *Pinguicula moranens*is H.B.K., var. Neovolcanica Z. *Revista Bio Ciencias*, *4*(3), 179–188. https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.15741/revbio.04.03.04

Gonzáles-Serratos, A. (2019) Reproducción masiva de *Pinguicula acuminata* Benth mediante cultivo *in vitro* en medio líquido [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. http://132.248.9.195/ptd2019/junio/0790002/Index.html

Zamudio, S. (1995) Las plantas mexicanas del género *Pinguicula*, un grupo de interés hortícola. *Revista Chapingo, 1*.

SEGURIDAD ALIMENTARIA: CULTIVO DE *Pleurotus* spp. POR MÉTODOS ARTESANALES

Mayra Lagunes-Reyes[1]*, Serafín Cruz-Izquierdo[1], Javier Isaac de la Fuente[1], Joan Windhoek Olvera-Noriega[1], José Miguel Navarro-Ortega[2], Miriam Lagunes-Reyes[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo estado de México México, [2] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Zamora. Zamora, Michoacán.
*Autor para correspondencia: mayra.lagunes@estudianteposgrado.ecosur.mx

Palabras claves: Hongos comestibles y medicinales, métodos sostenibles, residuos agroindustriales**.**

Introducción

El cultivo de hongos comestibles resulta una biotecnología sostenible altamente transferible a la sociedad en diferentes sectores es decir, rural, semiurbano y urbano, debido a que se plantea como una estrategia que promueve el reciclaje de nutrientes por el uso de residuos agroindustriales, su producción no requiere de una gran extensión de tierra, el costo monetario de producción puede llegar a ser bajo o moderado comparado con otros cultivos, así también se requiere poco mantenimiento durante el proceso, pocos materiales, equipos y métodos completamente replicables en los diferentes sectores socioeconómicos; representando una actividad factible (Valdespino-Sahagún, 2021) para los nuevos estándares de producción sostenible.

A nivel mundial, la producción y consumo de hongos comestibles, funcionales y medicinales es una actividad de gran importancia social, económica y ecológica. Actualmente, se cultivan comercialmente más de 15 especies de hongos comestibles utilizando procesos biotecnológicos muy eficientes en el uso del agua y su conversión en proteínas (un litro de agua por gramo de proteína) y compuestos bioactivos. No obstante, en México solo se cultivan de forma consistente tres especies a diferentes escalas: los champiñones (Agaricus bisporus), las “setas” (*Pleurotus*) y el shiitake (*Lentinula*), a pesar de que el país posee un gran potencial para la producción competitiva de otras especies, involucrando a diversos actores sociales como instituciones, pequeños productores, empresas y consumidores.

Así también los hongos comestibles son el alimento del presente y del futuro, incluirlos a la dieta es necesario en términos de salud y bienestar; esto debido a que son una fuente alimenticia completa que aporta beneficios no solo nutricionales sino también prevención de enfermedades; con efectos antidiabéticos, antimicrobianos, anticancerígenos, prebióticos, inmunomoduladores, antiinflamatorios y beneficios cardiovasculares; aunado al contenido nutricional, pues son ricos en aminoácidos esenciales, con alto contenido en fibra (carbohidratos), un considerable contenido de proteínas con alta digestibilidad, así también vitaminas, minerales, antioxidantes y metabolitos secundarios. Además, presentan un bajo contenido de azúcares, grasas y purinas lo que aporta beneficios cuando se presentan síndromes metabólicos. (Panda & Luyten, 2022). Generalmente el sistema de producción de hongos comestibles opta por la esterilización del sustrato como el método principal de selectividad del sustrato para su cultivo; sin embargo, este método requiere de energías no sostenibles como gas, energía eléctrica, carbón y madera; no obstante, existen otros métodos de selectividad (Procedimientos de asepsia y eliminación de microorganismos) del sustrato con los cuales es posible obtener altos parámetros de producción de hongos comestibles usando pocos insumos, procedimientos, herramientas y materiales; lo que permite extrapolarlos a situaciones reales de los diferentes sectores socioeconómicos y que permitan el desarrollo económico sostenible de los productores. Con este contexto el objetivo consistió en establecer procesos metodológicos prácticos y replicables en los diferentes procesos que incluye el cultivo de *Pleurotus.*

Materiales y métodos

Se establecieron diferentes medios de cultivo, se utilizó como medio control positivo Papa dextrosa agar (PDA). Se realizó un medio semi-artesanal que contenía 20 g/L de dextrosa, caldo de papa de 500 g/L de papas y 15 g/L de agar bacteriológico. El medio artesanal contenía 20 g/L de sacarosa, caldo de papa de 500 g/L de papas y 20 g/L de grenetina. Los medios se esterilizaron y se sirvieron en cajas de Petri para medir la tasa de crecimiento del hongo. Se procedió a realizar el Inoculo de semillas de trigo, para lo cual se utilizaron semillas de trigo que se hirvieron durante 20 min. Se dejaron reposar 20 min. Posteriormente se trataron por dos métodos, esterilización a 1 atm de presión durante 60 min. Y por medio de vaporización durante 90 min. Se establecieron dos diferentes métodos de selectividad del sustrato; como control positivo se utilizó la esterilización a 1 atm de presión a 120°C durante 1 hora. A su vez, se utilizó la pasteurización

por autocalentamiento en una caja de madera 1m^3, el proceso se efectuó a las 72 horas a 76°C Para la siembra en el método de esterilización se sembraron en bolsas de 2 kg de sustrato, en el caso de la pasteurización se inoculó en bolsas de polipropileno con 3 kg de sustrato. Finalmente se incubaron las unidades de producción a 24±5°C por 3 semanas. La fructificación se indujo a través una constante humedad relativa de 80-90% por medio de una brisa fina, y una temperatura de 22 °C con ventilación continua. Se estableció como diseño experimental diseños aleatorizados bifactoriales, los factores involucrados fueron método de selectividad del sustrato y cepa de *Pleurotus*, establecidos para la determinación de los parámetros de producción, hidrólisis de celulosa y fermentación, con diez réplicas cada uno. Para el análisis de los medios de cultivo se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y la variación de las réplicas se estableció por medio de la desviación estándar. En el caso de los parámetros de producción (BE, R, TP, PMH y B%) se realizó un análisis multivariado de la varianza (MANOVA) y se determinó la variación de las réplicas a través de la desviación estándar.

Resultados y discusión

Los resultados demostraron que el medio de cultivo semi artesanal promovió la mayor tasa de crecimiento, seguido del medio control con el PDA, mientras que el medio artesanal mostró la tasa de crecimiento menor. Lo que indica que el medio que se utilizó con menor número de procesos e insumos debe ser mejorado para mostrar mayores tasas de crecimiento. Sin embargo, el medio semi artesanal demostró ser una alternativa económica y replicable; resultan interesantes dado que la cantidad de insumos no fue la misma para los diferentes medios de cultivo. En el caso del medio de cultivo PDA, se utilizó una formula comercial que aparte de mostrar una baja tasa de crecimiento fue el medio con mayor valor económico dado que es un producto comercial grado laboratorio. En este caso el medio semi artesanal mostró la mayor tasa de crecimiento, se utilizó menor cantidad de insumos (caldo de papa natural con sacarosa o azúcar de mesa y agar comercial), y lo hace económicamente más accesible. Sin embargo, el medio natural que utilizó los insumos más accesibles y baratos (caldo de papa natural, sacarosa y grenetina), mostro la menor tasa de crecimiento, por lo cual se deben de realizar mayor número de ensayos para mejorar la calidad del medio y este pueda ser una alternativa para el crecimiento de *Pleurotus* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tasa de crecimiento de *Pleurotus* sp. en diferentes medios de cultivo a los 21 días de colonización.

Medio de cultivo	Tasa de crecimiento (cm)
PDA	0.16±0.013
Semi artesanal	0.2410±0.002
Artesanal	0.111±0.013

Media de la tasa de crecimiento de *Pleurotus* sp. en diferentes medios de cultivo ± desviación estándar.

Por otro lado, el registro de la temperatura se llevó a cabo durante 96 horas, sin embargo, el proceso fue interrumpido y removido a las 48 horas para evitar su fermentación; se obtuvo una temperatura máxima a las 96 horas de 73.5° que se efectúo durante 12 horas. La variación de la temperatura y su aumento no constante ni gradual puede estar relacionado a que el cajón estuvo sometido al clima a la intemperie por lo que la disminución de la temperatura durante la noche no permitió un aumento constante y gradual tal como indican otras investigaciones en las que se utilizó esta misma biotecnología (Colmenares-Cruz *et al*.2017; Sánchez *et al*. 2011, 2016). Los parámetros de producción mostraron que *Pleurotus pulmonarius* con sustrato esterilizado permite obtener EB% (79.87), TP (1.48), R (0.80) y B% (41.14) altas, seguido de *Pleurotus* sp. por pasteurización por autocalentamiento con parámetros superiores al 50 % (EB% 62.35, TP 1.59, R 0.62 y B% 42.64). Mientras que *Pleurotus* sp. por esterilización mostró BE% 51.09, TP 0.93, R 0.51 y B% 41.41. y, por último, *Pleurotus pulmonarius* por autocalentamiento mostró los menores parámetros (EB% 33.34, TP0.64, R0.33 y B% 41.10) (Cuadro 2). Por otro lado, los resultados obtenidos mostraron que es posible el cultivo a través de métodos simples y replicables; el método de pasteurización resulta más eficiente, sin embargo, se sugiere utilizar cepas adaptadas que crezcan en diferentes sustratos y bajo diferentes métodos de selectividad del sustrato. Es decir, si se quiere extrapolar a comunidades, o sistemas como el de traspatio, dicho método puede ser una alternativa viable. Sin embargo, se recomienda un sistema de traspatio que sea lo más controlado posible pues el establecido mostró no ser la mejor forma de producción ya que es vulnerable a la perdida de humedad y ser alimento de insectos y plagas.

Cuadro 2. Parámetros de producción de las dos diferentes cepas de *Pleurotus* por esterilización y pasteurización por autocalentamiento.

Método	Hongo	EB%	TP	R	B%
Esterilización	*Pleurotus pulmonarius*	79.871±26.864	1.48±0.583	0.80±0.268	41.15±0
Pasteurización por autocalentamiento	*Pleurotus* sp.	51.089±17.285	0.93±0.314	0.51±0.172	41.41±0

Media de los parámetros de producción (EB%, TP, R, B%) de *Pleurotus* sp. *Pleurotus pulmonarius* bajo diferentes métodos de selectividad del sustrato ± desviación estándar.

Conclusiones

Pleurotus sp. puede crecer en diferentes medios, sin embargo, el medio semi-artesanal favorece su crecimiento por la presencia de diferentes nutrientes que aporta el caldo de papa natural.

La intemperización del método de pasteurización por autocalentamiento influye en el control de la temperatura.

El método de pasteurización por autocalentamiento resulta altamente accesible y transferible por el poco uso de insumos y procedimientos.

Una alta humedad del sustrato reduce la viabilidad de colonización del micelio en el sustrato.

El rastrojo de maíz resulta un sustrato eficiente para el cultivo de *Pleurotus* spp. debido a que se obtuvieron eficiencias biológicas superiores al 50%.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por la beca otorgada para la realización de la presente investigación.

Fuente financiadora

La presente investigación fue financiada por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación y por el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Referencias bibliográficas

Colmenares-Cruz, S., Sánchez, J. E., & Valle-Mora, J. (2017). *Agaricus bisporus* production on substrates pasteurized by self-heating. AMB Express, 7, 1-9. https://doi.org/10.1186/s13568-017-0438-6

Sánchez, J.E., Liedo, P. (2017). Propiedades antioxidantes de *Pleurotus* spp. In: Sánchez, J.E., Royse, D.J. (Eds.). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur, 2017, pp. 197-209. ISBN 978-607-8429-47-9

LATENCIA CIRCANUAL EN *Laelia speciosa* (ORCHIDACEAE), EXPRESADA EN LA GERMINACIÓN *in vitro* DE SEMILLAS, CONSERVADAS BAJO FACTORES AMBIENTALES CONTROLADOS

Alejandro, Martínez-Palacios[1]*, Erandeni, Durán-Mendoza[1], Martha, Martha Cornejo-Gallegos[1], Martha Elena Pedraza-Santos[2], Nahum M. Sánchez-Vargas[1], Guadalupe Alejandra Valdovinos-Ramírez[1], Adelaida Stephany Hernández-Valencia[3], Juan Manuel Chavarrieta-Yanez[1], Eloisa Vidal-Lezama[4], y María del Carmen Mandujano-Sánchez[5]

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH); [2]Facultad de Agrobiología, UMSNH; [3]Instituto de Fitopatología de Sanidad Vegetal, Colegio de Posgraduados; [4]Departamento de Ciencias Vegetales, UACH; [5]Instituto de Ecología, UNAM.
*Autor para correspondencia: alejandro.palacios@umich.mx

Palabras clave: Latencia circanual, semillas de orquídea, *in vitro* vs TTC.

Introducción

Laelia speciosa (Kunth) Schltr. (Orchidaceae), es endémica de México y se ubica en categoría en peligro de extinción (CITES y NOM056). Florece en el mes de mayo y el fruto se desarrolla y madura casi un año después (abril). Se distribuye en bosque templados, por altitudes de 1700 a 2300 m., epífita de *Quercus deserticola* Trel. (Fagaceae). El conocer el comportamiento de la latencia de semillas pueden favorecer las estrategias de manejo y conservación. Las semillas de orquídeas se reportan como ortodoxas de vida corta si se almacenan a temperaturas de 6 °C y HR (humedad relativa) < 6 %, con una viabilidad por 1-2 décadas. La latencia de las semillas es una propiedad innata que determina las condiciones ambientales bajo las cuales las semillas pueden germinar, determinada por su genética y estrechamente influenciada por factores ambientales [1]. La latencia se reclasifica jerárquicamente según en clase, nivel y tipo. El sistema incluye cinco clases de latencia: latencia fisiológica, latencia morfológica, latencia morfofisiológica, latencia física y latencia combinada (latencia física + fisiológica). Cada clase se subdivide en niveles, y cada nivel tiene diferentes tipos. Muchas semillas que exhiben diferencias de latencia primaria se consideran que tienen latencia morfológica, que puede estar acompañada de latencia fisiológica, una combinación conocida como latencia morfofisiológica [2]. La complejidad de la latencia sigue sorprendiendo a propios y extraños, revelando la notable diversidad de tipos de latencia en el reino vegetal.

Existen evidencias que algunas especies de orquídeas y otros grupos de plantas registran altos porcentajes de germinación al inicio y en ciclos anuales y niveles marcados de latencia e incluso suspensión de casi la totalidad de la germinación en periodos intermedios, lo cual se le atribuye un periodo de latencia extrema llamada latencia secundaria [2].

Durante las últimas tres décadas, los avances en genética molecular han revelado los mecanismos moleculares de un reloj circadiano celular. El reloj circadiano es un cronómetro endógeno presente en todos los ámbitos de la vida, que permite a los organismos anticipar cambios diarios predecibles en su entorno. Sin embargo, la complejidad del reloj y la diversidad de sus resultados fenotípicos indican que también desempeña un papel esencial, a mayor escala, en la adaptación a la variabilidad estacional de las condiciones ambientales. Un período se define como el tiempo necesario para completar un ciclo, típicamente medido de pico a pico. En plantas con latencia circanual, esto corresponde a un ciclo anual. La variabilidad del reloj genético puede ser considerablemente grande entre cultivares y sus progenitores silvestres. Mientras que los primeros pueden dejar de responder a los cambios ambientales, los segundos conservan estos rasgos como estrategias naturales de supervivencia. Todos los grupos taxonómicos han desarrollado mecanismos de cronometraje genéticamente programados. Estos regulan los ciclos estacionales en la fisiología y el comportamiento, optimizando la supervivencia y el éxito reproductivo, y se describen formalmente como ritmos circanuales [3]. El cultivo *in vitro*, es una potente herramienta que permite esclarecer cambios en el comportamiento de respuestas diversas de carácter evolutivo que están contenidas en los genes. Debido a que existen diferentes reportes relacionados con ritmos circanuales, atribuidos a latencia secundaria con dudas profundas para una aseveración real, por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue, analizar la dinámica de latencia de semillas de *L. speciosa* mediante pruebas de germinación y viabilidad *in vitro* (utilizando la prueba TTC), en semillas conservadas bajo condiciones físicas controladas.

Materiales y métodos

Materiales biológicos. Se usaron semillas de Laelia speciosa (Kunth) Schltr., colectadas en poblaciones silvestres al inicio de la dehiscencia del fruto, en dos periodos distintos. El primer periodo o experimento uno está relacionado con la mezcla de semillas de tres frutos de plantas madres distintas. Para el segundo experimento fue el procesamiento de 6 frutos de plantas distintas y de año diferente a las del primer experimento.
Almacenamiento y conservación de las semillas. Después de separar y limpiar las semillas de cada fruto, las semillas mezcladas de ambos experimentos se deshidrataron de forma individual hasta alcanzar 4 % de HR y se depositaron en sobres de papel, se introdujeron un número equitativo de contenedores herméticos a usar para cada experimento, cada contenedor con sal desecante para mantener baja humedad. Para el primer experimento, las semillas contenidas en cuatro contenedores, cada uno fue almacenado a su temperatura correspondiente a evaluar (25, 6, -20 y -80 °C), las evaluaciones se hicieron a lo largo de tres años (0, 2, 8, 12, 18, 24, 30 y 36 meses). Para el segundo experimento, la temperatura de 25 °C de cada uno de los frutos se almacenó de forma similar al experimento uno; para el caso de las semillas almacenadas en NL2 (nitrógeno líquido), las semillas deshidratadas, se usaron microviales eppendorf de polipropileto de 1 ml de capacidad con tapa hermética, en cada uno se colocaron aproximadamente 1500 semillas para establecer las 5 repeticiones de cada tiempo de almacenamiento, tanto para evaluar el porcentaje de germinación *in vitro* como para registrar la viabilidad a través de la tinción con cloruro de tetrazolio (TTC). Cada contenedor eppendorf contenía una cuerda con etiqueta afuera del tanque criogénico, donde indicaba, la fecha (0, 3, 6, 9 o 12 meses) en que debía retirarse para su evaluación, se graficaron los promedios de los valores de los seis frutos de ambas temperaturas, tanto para la germinación como para la latencia con TTC para registrar los resultados.
Análisis de germinación y viabilidad. Las cajas de Petri con aproximadamente 150 semillas, se observaron en un microscopio, después de 3 semanas de incubación en cámara de crecimiento (fotoperiodo de 25 ± 1, 16 h de luz (23 µmoles m−2 s−1) y 8 h de oscuridad), bajo un diseño completamente al azar. Los porcentajes de germinación se transformaron a arcoseno para su análisis estadístico.

Resultados y discusión
La especie *Laelia speciosa* registró en todas las temperaturas de conservación aplicadas (Figura 1 y 2), respuesta de ritmo circanual, registra al inicio alto porcentaje de germinación, y este desciende en los meses intermedios de ciclo de un año y registra nuevamente alto valor al cumplir un año. Este factor se repitió al segundo año de evaluación para 6, -20 y -80 °C (Figura 1). A los seis meses registra los valores más bajos de germinación lo cual esta relacionado con la latencia de las semillas que corresponde al mes de diciembre, que, para esta especie, representa condiciones más desfavorables para germinar lo cual se le atribuye a estrategia de supervivencia. El comportamiento es similar a otros trabajos [4], sin embargo, esos trabajos lo atribuyen a factores ambientales cambiante, y en el caso de *L. speciosa*, se controlaron los factores ambientales (oscuridad continua, temperatura constante de conservación y 4 % de humedad en cada una de las semillas conservadas), debido a que a todas las temperaturas aplicadas (25, 6, -20. -80 y -196 °C) se tuvo un control total de los factores de luz, temperatura y humedad. Hecho que nos hizo proponer una latencia circanual. Hay una respuesta genética como en todos los casos, sin embargo, se sugiere seguir investigando para determinar que otros factores pueden estar interactuando con los genes o estos actúan solos [5]. En programas de manejo o germinación asimbiótica de las semillas de esta especie y otras que registran reloj circanual, es necesario contemplar que el inicio de la germinación se programe con los periodos donde se suspende la latencia de las semillas y registran los mas altos porcentajes de germinación.

Conclusiones
Semillas de *L. speciosa* registraron una respuesta genética de latencia circanual en todas las temperaturas de almacenamiento utilizadas. Requiere seguir explorando para determinar si la rotación de la tierra al sol influye en la respuesta latencia circanual o hay otros factores.

Agradecimientos
A las CIC-UMSNH y al ICTI Michoacán por los apoyos en el financiamiento. Al programa de becas de posgrado de la SECIHTI.

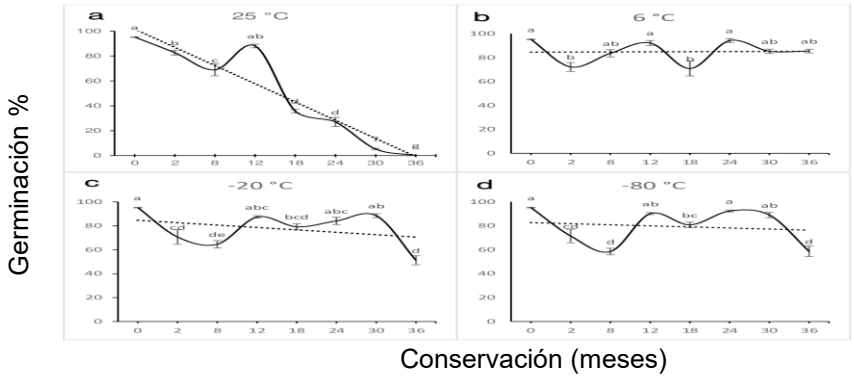


Figura 1. El comportamiento de latencia se evaluó mediante la germinación *in vitro* de semillas de *Laelia speciosa* almacenadas durante tres años y a cuatro temperaturas de almacenamiento (a= 25 °C, b= 6 °C, c= −20 °C y d= −80 °C). Los valores de las barras con la misma letra no son significativamente diferentes (p ≤ 0,05; prueba de Tukey). ANOVA con diferencias (p ≤ 0,01). Para mayor detalle ver Durán-Mendoza *et al*., 2025).

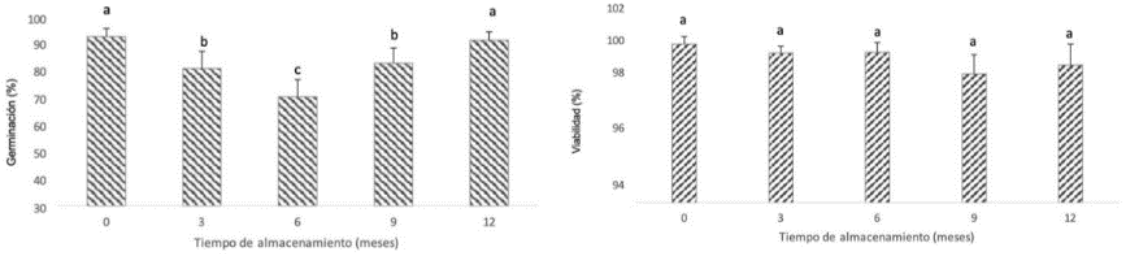


Figura 2. Viabilidad promedio de temperaturas (25 y -196 °C) para la germinación de semillas de Laelia speciosa (izquierda) y de la viabilidad con TTC (derecha), durante el almacenamiento a los 0, 3, 6, 9 y 12 meses. Letras iguales sin diferencia significativa con una fiabilidad del 5 % mediante análisis de Tukey. ANOVA significativo (p < 0,05), y ANOVA no significativo (p > 0,05).

Referencias bibliográficas

1. Kozak, G. M., Wadsworth, C. B., Kahne, S. C., Bogdanowicz, S. M., Harrison, R. G., Coates, B. S., & Dopman, E. B. (2019). Genomic basis of circannual rhythm in the European corn borer moth. *Current Biology*, *29*(20), 3501-3509.
2. Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2008). Some considerations for adoption of Nikolaeva's formula system into seed dormancy classification. *Seed Science Research*, *18*(3), 131-137.
3. Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New phytologist*, *171*(3), 501-523.
4. Gutterman, Y., & Gendler, T. (2005). Annual rhythm of germination of seeds of Mesembryanthemum nodiflorum 32 years after collection. *Seed Science Research*, *15*(3), 249-253.
5. Durán-Mendoza *et al*. (2025). Circannual Clock in Laelia speciosa (Orchidaceae) Through Dormancy vs. Germination Dynamics of Seeds Stored Under Controlled Conditions. *Plants*, *14*(3), 336.

MICROPROPAGACIÓN DE GENOTIPOS SUPERIORES A PARTIR DE BULBOS DE PLÁNTULAS DE *Agave cupreata* TREL & BERGER

Guadalupe Alejandra Valdovinos-Ramírez[1], Alejandro Martínez-Palacios[1], Nahum Modesto Sánchez-Vargas[1], Martha Elena Pedraza-Santos[2], María Dolores Uribe-Salas[1], Agustín Uribe-Treviño[2]

[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5 Carretera Morelia-Zinapécuaro. 58056 Tarímbaro, Michoacán, México. [2]Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas. Uruapan, Michoacán, México.
*Autor para correspondencia: 1341068b@umich.mx

Palabras clave: micropropagación, fitohormonas, agave

Introducción

Las plantas del género Agave, se caracterizan por su adaptabilidad a las condiciones de las zonas áridas y semiárida de México. Tiene mucha importancia cultural, ecológico y las aplicaciones de uso, particularmente en la elaboración de bebidas, desde el aguamiel, las fermentada como el pulque y las destiladas como el tequila, mezcal, raicilla y entre otros, el bacanora. De las 211 especies de agaves que existen, México alberga al 75 % de estas (159 sp), de estas, aproximadamente 14 especies son usadas para destilar mezcal, sobresaliendo el uso de cuatro especies, el espadín (*Agave angustifolia*), el tobalá (*Agave potatorum*), el tepeztate (*Agave marmorata*) y el papalote o chino (*Agave cupreata*); siendo este último el más utilizado en el estado de Michoacán, es fuente de empleo y genera importante derrama económica para la región. La especie es semélpara, solo se reproduce una vez y muere, dicho de otra manera, en las poblaciones silvestres no registra reproducción asexual de manera natural solo se reproduce por semillas, al no clonar y usar la planta antes de la floración, algunos productores de mezcal continúan haciendo uso de las plantas silvestres, aunado a esto, que no hay normas que las protejan de forma adecuada para ordenar su manejo y conservación, la especie en su ambiente natural está en grave riesgo de extinción.

Las plantaciones comerciales son desarrolladas de la germinación de semillas, el incremento de variación genética va acompañada de alta heterogeneidad tanto en la morfología de las plantas, en los niveles de azúcar y en la susceptibilidad a plagas y enfermedades, por tal razón, es de fundamental importancia el desarrollo de programas de selección de genotipos superiores, y sistemas de propagación clonal estables, que permitan hacer manejos más industrializados. Para tal hecho, la micropropagación implementada desde los 60s-70s, es una herramienta clave para desarrollar sistemas de propagación clonal, presentado como una alternativa que ayuda a superar los desafíos antes mencionados en la propagación, haciendo uso de diferentes estructuras, tal es el caso del bulbo en agave, explante inmaduro con potencial meristemático (órgano-embriogénico), de forma ovoide, cubierta de bases foliares (Figura 1a) (Solano, *et al*, 2013). Además, el uso de explantes con mayor inmadurez ontogenética, presentan mayor potencial para la respuesta de organogénesis y la embriogénesis somática. Sin embargo, programas agresivos de micropropagación (altas concentraciones de reguladores, desdiferenciación a callo, y excesos de subcultivos), pueden favorecer la variación somaclonal (Pastelín-Solano, *et al*, 2019).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue establecer la micropropagación de genotipos superiores de *Agave cupreata*, a través de explantes inmaduros, determinando los niveles inferiores de reguladores del crecimiento, significativos de respuesta para reducir o evitar la variación somaclonal de los regenerantes

Materiales y métodos

Material biológico. Se inició con semillas de polinización libre de plantas superiores seleccionadas y conservadas por contener altos contenidos de grados brix (>21 ° brix) analizadas durante su desarrollo juvenil en evaluaciones previas a medios hermano en jardín común.

Las semillas se encuentran conservadas en el banco de semillas del laboratorio de biotecnología y genética bajo condiciones de baja humedad y temperatura.

Se germinaron *in vitro* y se utilizaron los bulbos de plántulas dentro de los primeros 30 días después de su germinación.

Desinfección y Germinación de las semillas. Se usaron semillas de la familia 21 de *Agave cupreata* por registrar con alto contenido en °Brix (>21 °brix), se desinfectaron con etanol (70% v/v) durante 1 minuto, se

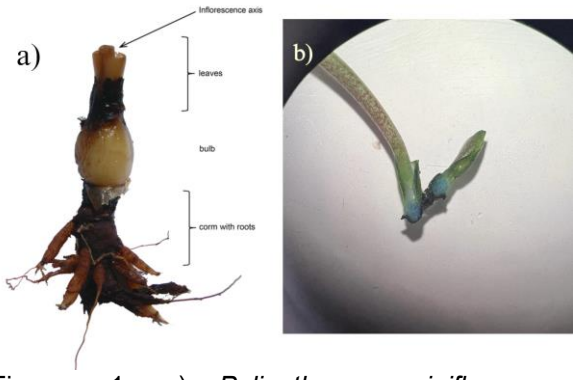
colocaron en agitación en una solución de cloruro de sodio de uso doméstico, a 1.2% v/v NaOC, durante 20 minutos. Las semillas se enjuagaron tres veces en condiciones asépticas con agua destilada estéril.

Los frascos de cultivo (125 ml) con 25 ml de medio fueron esterilizados en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Las semillas se sembraron en medio sólido basal MS, siguiendo los protocolos establecidos para *Agave. victoriae-reginae* (Martínez-Palacios *et al*., 2003).

Medio de cultivo. Se utilizó el medio de cultivo MS como control, y modificado con fitohormonas; NAA (ácido naftalenacético) a 0 y 0.1 VS BA (benciladenina) a 0, 0.5, 1 y 2 mg/l y NAA VS K (kinetina) a 0.5, 1 y 2 mg/l conformando 14 combinaciones, 8 repeticiones.

Se utilizaron 32 bulbos por tratamiento, que constituyen 448 bulbos para los tratamientos mencionados anteriormente, se cortó el bulbo (Figura 1b).

Condiciones de incubación. Los frascos con cultivos se incubaron en una cámara con fotoperiodo de 16 h luz/8 de oscuridad, luz de LED a una intensidad de 27 µmol m -2 s -1, temperatura de 25 ±1 °C.



Figuras 1. a) *Polianthes geminiflora* var. *geminiflora*: cormo y bulbo (Solano *et al*, 2013). b) Plántula de *Agave cupreata*, teñida con azul de metileno, de color azul se observa de forma esférica el bulbo.

Registro de respuesta. Se registraron las variables de respuesta a analizar 12 semanas después de su cultivo; las variables que se midieron fueron; número de brotes, generación y volumen (cm^3) de callo. Para mantener la mayor estabilidad genética, se seleccionaron los tratamientos y respuestas que indujeron brotes directos en los bulbos de las plántulas, descartando o separando aquellos que deriven de formación de callo o de estructuras de explantes que promueven la variación somaclonal y de las provenientes de niveles altos de citocininas.

Diseño experimental y análisis estadístico. Las unidades experimentales fueron distribuidas completamente al azar. Los datos fueron estandarizados con µ=0 y σ=1, posterior a ello se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, para los explantes (apical y basal), después se realizó un análisis de varianza de una vía para analizar por explante. Adicional se realizó una prueba de medias de Tukey (p= 0.05), todo en el programa estadístico SAS OnDemands for Academics (2025) ®.

Resultados y discusión

Registro de respuesta para número de brotes por explante. El análisis de varianza para los explantes del bulbo apical y basal mostraron diferencias significativas (p< 0.0001), al igual que el Anova para cada explante del bulbo, para la parte apical y basal registraron diferencias significativas (p< 0.0001).

El análisis de Tukey para el ápice y base del bulbo, en el Cuadro 1 se muestra la mejor respuesta (6.8 para apical y 4.7 para basal) de brotes se registró en presencia de 2 y 0.1 de BA y ANA, sin embargo, no fue significativamente diferente a algunas concentraciones más bajas de BA o K con ANA (Cuadro 1)

Generación y volumen de callo por explante. El ANOVA realizado para la generación de callo para el ápice del bulbo, registró alta diferencia significativa (p= 0.0001), sin embargo, la presencia de callo fue baja, aun donde se registró el valor más alto para ambos explantes (1 mg l^{-1} de BA + 0.1 mg l^{-1} de ANA) y éste no intervino en la formación de brotes (Cuadro 1). Se obtuvieron en promedio 5.9 brotes por explantes con el tratamiento 0.5 mg l^{-1} de BA + 0.1 mg l-1 de ANA, haciendo uso de bulbos, un tejido muy joven, Martínez-Palacios, *et al*., (2003) utilizando tejido de plantula en *Agave victoriae-reginae* de 45 días, obteniendo en promedio 1.1-2.2 brotes por explante y al no existir diferencia significativa con el tratamiento con 0.5 mg l-1 de BA + 0.1 mg l-1 de ANA, es recomendable utilizar esta concentración, ya que existen reportes que indican que altas concentraciones de RCV son la causa de mayor incidencia en la variación somaclonal (Azizi *et al*., 2022). También Kim *et al*., (2020), en ápices meristemáticos de *Fragaria* sp. (Fam. Rosaceae) cultivados *in vitro* a concentraciones de BA (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 mg·L^{-1}), la incidencia de variación somaclonal aumentaba con forme se aumentaba la concentración de BA, registrado a través de marcadores SSR para detectar la variación genética. Azizi *et al*., (2022), en explantes nodales de granada (*Punica granatum* L.,

Fam. Lythraceae), la adición al medio de cultivo de BA (2 mg L^{-1}) y ANA (0.5 mg L^{-1}), en el tercer subcultivo observaron cambios morfológicos, del cariotipo y genéticos.

Cuadro 1. Respuesta de secciones de bulbos de plántulas de *Agave cupreata* sometidos a diferentes tratamientos con kinetina, benciladenina y ácido naftalenacético.

K[a]	0	0.5	1	2	0	0	0	0	0.5	1	2	0	0	0
BA[a]	0	0	0	0	0.5	1	2	0	0	0	0	0.5	1	2
ANA[a]	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Segmento Apical														
No. Brotes	1.25	1	1.1	1.8	1	1.1	2	1.33	2.2	3.3	3	3.9	5	6.8
Tky brotes	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	ab	ab	ab	a
Callo (%)	0	0	0	0	0	0	0	0.12	0.12	0.34	0.18	0.18	0.18	0.34
Tky %	a	a	a	a	a	a	a	abc	abc	c	abc	abcd	abcd	c
Callo (cm^3)	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0.38	1.34	0.63	0.70	0.66	1.54
Tky vol.	a	a	a	a	a	a	a	abcd	abcd	bcd	abcd	abcd	abcd	c
Segmento Basal														
No. brotes	1.1	1.1	1.2	1.2	1.66	1.92	4	1.11	0.5	1	2.5	2	3.2	4.7
Tky brotes	c	c	c	c	bc	bc	ab	c	c	bc	abc	bc	abc	a
Callo (%)	0.06	0.09	0	0	0	0	0	0.06	0.06	0.03	0.06	0.06	0.31	0.18
Tky %	a	ab	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	bc	abc
Callo (cm^3)	0.20	0.35	0	0	0	0	0	0.26	0.25	0.22	0.11	0.17	1.47	0.57
Tky vol.	ad	abd	a	a	a	a	a	ad	ad	ad	a	ad	bc	abcd

[a] reguladores del crecimiento vegetal (mg l^{-1}); Tky=Tukey; *Tukey: Letras sobre las barras corresponden a la prueba de medias de Tukey (p= 0.05). Tratamientos que comparten una misma letra no tienen diferencias significativas entre sí.

Conclusiones

El uso de secciones de bulbos registro ser explantes con alta respuesta organogénica. La concentración 0.5 mg l^{-1} de BA + 0.1 mg l-1 de ANA generó 5.9 brotes por bulbo, puede ser utilizada para reducir los riesgos por variación somaclonal.

Agradecimientos y fuente financiadora

A las becas de posgrado de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y al apoyo económico del proyecto CIC-UMSNH.

Referencias bibliográficas

Azizi, S. A., Farahani, F., & Sheidai, M. (2022). Somaclonal variation in pomegranate (Punica granatum L.): ISSR and cytological evidences. Genetika, 54(1), 207-217.

Kim, H. J., Choi, M. J., Lee, J. N., Suh, J. T., Kim, K. D., Kim, Y. H., ... & Nam, J. H. (2020). Occurrence and identification of genetic variation and variation continuity in strawberry tissue culture caused by benzyladenine treatment. Journal of Plant Biotechnology, 47(1), 46-52.

Martínez-Palacios, A., Ortega-Larrocea, MP, Chávez, VM *et al*. Embriogénesis somática y organogénesis de Agave victoriae-reginae: Consideraciones para su conservación. Cultivo de células, tejidos y órganos vegetales 74, 135-142 (2003). https://doi.org/10.1023/A:1023933123131

Pastelín Solano, M. C., Salinas Ruíz, J., González Arnao, M. T., Castañeda Castro, O., Galindo Tovar, M. E., & Bello Bello, J. J. (2019). Evaluation of in vitro shoot multiplication and ISSR marker based assessment of somaclonal variants at different subcultures of vanilla (Vanilla planifolia Jacks). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *25*, 561-567.

Solano, E., Terrazas, T., & González-Becerril, A. (2013). Comparative anatomy of the stem, leaf and inflorescence basal axis of Polianthes L. (Asparagaceae, Agavoideae) species. *Feddes Repertorium, 124*(4), 105-115.

CARACTERIZACIÓN DE LA CÁSCARA DE MAZORCA DE CACAO PARA SU POTENCIAL VALORIZACIÓN

Edna Elena Suárez-Patlán[1*], Holber Zuleta-Prada[2], Emanuel Hernández-Núñez[3], Teodoro Espinosa-Solares[4] y José Enrique Herbert-Pucheta[5]

[1]C.E. San Martinito, CIR Golfo-Centro, INIFAP, [2]Departamento de Preparatoria Agrícola, UACh., [3]Tecnológico Nacional de México, [4]Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, UACh., [5]Departamento de Química Orgánica, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN.
*Autor para correspondencia: suarez.edna@inifap.gob.mx; ednamorelia@hotmail.com

Palabras clave: Lignocelulósicos, minerales y antioxidantes.

Introducción

La cáscara de la mazorca de cacao se compone principalmente de celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina. Diversos estudios han manifestado su potencial en la recuperación de compuestos de valor añadido con aplicaciones en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria. Existe evidencia de aplicaciones reales como su uso en fertilizante, jabón y biocarbón. Además de la versatilidad de aplicaciones potenciales que ofrece esta materia prima, se vislumbra altamente viable por su gran disponibilidad, se estiman 1,118,957 toneladas de cáscara de mazorca de cacao generadas en la última cosecha, solamente en Costa de Marfil, país con mayor producción de cacao en el mundo (Bugarin, *et al*., 2025). Por otra parte, la acumulación de estos residuos, así como su inadecuada gestión podría convertirse en un problema. Por todas estas razones, sigue siendo importante profundizar en el conocimiento de este material para su adecuado aprovechamiento. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la cuantificación de los principales componentes químicos, el perfil mineral y la actividad antioxidante de la cáscara de mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L. var. Carmelo), para su potencial valorización.

Materiales y métodos

Se colectó *Theobroma cacao* L. variedad Carmelo en Río Seco, Cunduacán [latitud: 18° 7'55.90" N, longitud: 93° 18'4.49" O] y Jesús María, Comalcalco [latitud: 18° 11'0.22" N, longitud: 93° 14'28.02" O], Tabasco, México. La cáscara de la mazorca de cacao se secó a temperatura ambiente durante 18 días, se pulverizó en molino (Thomas Wiley 4, Pensilvania, EE. UU.) y se tamizó en mallas 45 y 60 STD (W.S. Tyler, Ohio, EE. UU.) Para las determinaciones se utilizó un tamaño de partícula de 250 µm, las muestras se secaron hasta peso constante en horno convencional a 102 °C.

Los componentes lignocelulósicos se determinaron mediante las normas: T 204 cm 97, T 222 om-.02, T 211 om-02 y ASTM D 103-77. Para determinar el perfil y cuantificación de minerales se utilizó el método US EPPA 3051 para digestión de muestras, las cuales se analizaron mediante espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente iCAP Q ICP-MS (Thermo Scientific, Bremen, Alemania), empleando una curva de calibración de soluciones estándar. Los resultados se expresaron como la media en µg/g ± desviación estándar.

El contenido fenólico se determinó mediante el método descrito por Hernández *et al*., el resultado se expresó en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco (mg EAG/g). El contenido de flavonoides se determinó según el método de Hernández *et al*. (Hernández-Rodríguez *et al*., 2019). El resultado se expresó en miligramos equivalentes de catequina por gramo de materia seca (mg EC/g).

La actividad antioxidante se determinó mediante los ensayos ABTS y FRAP descritos por Arzeta *et al*. (Arzeta-Ríos *et al*., 2020), con absorbancias a 734 nm a 595 nm respectivamente, la absorbancia se midió utilizando un lector de microplacas µQuant (Biotek, Instruments Inc., EE. UU.). Los resultados se expresaron en µmol de equivalentes de Trolox por gramo de base seca (µmol ET/g). Todas las determinaciones se realizaron por cuadruplicado y los resultados se expresaron como la media ± desviación estándar.

Resultados y discusión

El contenido total de extraíbles de cáscara de mazorca de cacao obtenido en este estudio fue del 21 %, de los cuales el 19 % corresponde a los solubles en metanol, que podrían ser carbohidratos de bajo peso molecular y sales, el 1.32 % corresponde a los solubles en diclorometano y un porcentaje del 0.68 % son los extraídos en hexano, que según la norma TAPPI podrían ser ceras y grasas.

El contenido de lignina en este estudio fue del 23.9 %, similar al 24.2 % y 28 % reportado por otros autores para esta materia prima, así mismo es similar al contenido de lignina reportado para otros materiales lignocelulósicos, como el eucalipto y el pino que reportan contenidos de lignina de 21.5 % y 20 % respectivamente. La lignina tiene aplicaciones de alto valor añadido como fertilizante, dispersante y agente quelante, y debido a su alto contenido en carbono, es un precursor potencial de materiales de carbono funcionales como el carbón activado, los electrodos de carbono, etc. El contenido de celulosa determinado en este estudio fue similar al 30.4 %, cercano al 28.6 % y menor al 35.4 % reportados en la literatura para cáscara de mazorca de cacao. Estos contenidos de celulosa son menores a los de la madera de pino y eucalipto, con 40 % y 54 % respectivamente. El contenido de hemicelulosa de la materia prima estudiada fue del 19.1 %, lo que la sitúa entre los valores del 16.7 % y 22.4 % de hemicelulosa de cáscara de cacao reportados por la literatura (Grob *et al*., 2021). Por otra parte, la madera tiene un contenido de hemicelulosa que oscila entre el 11 % y 36 %. Los residuos agrícolas y forestales representan una opción viable para la producción de biocombustibles, las cáscaras de mazorca de cacao tienen potencial como fuente de celulosa y hemicelulosa.

Cuadro 1. Constituyentes químicos de cáscara de mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L. var. Carmelo).

Constituyentes Químicos		***media ± σ***
Extraíbles y Lignocelulósicos (%)	Total de extraíbles	21.04 ± 1.3
	Lignina	23.96 ± 0.2
	Celulosa	30.52 ± 1.03
	Hemicelulosa	19.09 ± 1.4
	Cenizas	7.75 ± 0.10
Minerales (µg/g)	Al	22.79 ± 2.4
	V	0.06 ± 0.00
	Cr	0.37 ± 0.01
	Fe	164.44 ± 1.8
	Co	0.15 ± 0.01
	Ni	10.70 ± 0.3
	Cu	6.91 ± 0.2
	As	0.04 ± 0.00
	Cd	1.00 ± 0.02
	Ba	63.58 ± 0.3
	Zn	63.44 ± 0.8
	Hg	0.03 ± 0.02
	Pb	0.18 ± 0.01
*Fenoles (mg EAG/g)**	Compuestos fenólicos	24.59 ± 0.9
*Flavonoides (mg EC/g)***	Flavonoides totales	2.35 ± 0.2
*Capacidad antioxidante (µmol ET/g)****	ABTS	304.84 ± 57.2
	FRAP	145.80 ± 3.8

**mg de equivalentes de ácido galico/g (base seca); **mg de equivalentes de catequina/g (base seca); ***µmol equivalentes de trolox/g (base seca).*

El manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn), el níquel (Ni) y el molibdeno (Mo) son micronutrientes para las plantas, sin embargo, se encontraron otros que son tóxicos para la salud humana, como el arsénico (As), el cadmio (Cd), el cromo (Cr) y el plomo (Pb). El cadmio no tiene función biológica, se encuentra de forma natural en el suelo y se acumula en el grano de cacao, sus derivados, subproductos, y otros alimentos, se dice que está en aumento en todo el mundo debido a aportaciones antropogénicas. Los

componentes minerales, así como su concentración varían según el origen, tipo de suelo, cultivo, manejo y la asociación de actividades circundantes. Sin embargo, si se considera este material para uso alimentario, es necesario verificar que la contribución volumétrica de los minerales contaminantes no supere la concentración de ingesta mensual tolerable de 2,5 µg/kg de peso corporal establecida por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios.

Por otra parte, los polifenoles presentes en el material de estudio son catequina, quercetina, (-)-epicatequina, ácido gálico, ácido cumárico y ácido protocatequínico, compuestos bioactivos que representan una fuente potencial de alimentos ricos en antioxidantes. Finalmente, hay una correlación lineal entre los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de una planta. La actividad antioxidante de la cáscara de la mazorca de cacao se ha estudiado en química verde como nanopartículas con actividad larvicida y contra bacterias resistentes, lo que ha dado lugar a productos potencialmente viables (Sánchez *et al*., 2023).

Conclusiones

Se determinó el contenido de lignocelulosa, la capacidad antioxidante y el perfil mineral cáscara de mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L., var. Carmelo), esta variedad no presenta peculiaridades con respecto a otras variedades. La cáscara de mazorca de cacao es fuente viable de lignina, los contenidos de celulosa y hemicelulosa tienen potencial como fuente de carbohidratos para diversos productos; sin embargo, el alto contenido de polifenoles y su capacidad antioxidante lo caracterizan como potencial para la industria alimentaria y/o farmacéutica. Sin embargo, es importante determinar los elementos del perfil mineral que pueden depender de la zona de origen, ya que en este estudio se detectaron metales pesados en niveles traza. A diferencia del grano de cacao, la cáscara de mazorca de cacao ha sido poco estudiada en términos de capacidad antioxidante. Por lo tanto, el presente estudio contribuye a la comprensión de un subproducto con potencial de valorización.

Referencias bibliográficas

Arzeta, R. A. J., Guerra, R. D., Reyes, T. B., Ybarra, M. C., & Zuleta, P. H. (2020). Microwave heating effect on total phenolics and antioxidant activity of green and mature coconut water. *International Journal of Food Engineering*, *16*(12). https://doi.org/10.1515/ijfe-2019-0378

Bugarin, A., Iquise, A., Motta D. B., Vinícius T. M., Zabot, G.L., Olivera, M. L., (2025). Integration of Emerging and Conventional Technologies for Obtaining By-Products from Cocoa Pod Husk and Their Application. Processes, 13, 1264. https://doi.org/ 10.3390/pr13051264

Grob, L., Ott, E., Schnell, S., & Windhab, E. J. (2021). Characterization of endocarp powder derived from cocoa pod. *Journal of Food Engineering*, *305*, 110591. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110591

Hernández, R. G., Espinosa, S. T., Pérez, A., Salgado, E. I., & Guerra, R. D. (2019). Antioxidant capacity of capulin (Prunus serotina subsp. capuli (Cav). McVaugh) fruit at different stages of ripening. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *6*(16), 35–44. https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1947

Sánchez, M., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2023). *Cocoa Bean Shell: A By-Product with High Potential for Nutritional and Biotechnological Applications*. *12*(1028), 0–30. https://doi.org/doi.org/10.3390/antiox12051028

SECCIÓN 3
Fertilidad de suelos y nutrición vegetal



“NUTRIENDO AL TRIGO” / *Gabriela Chávez Villalba*

RESPUESTA DE ACCESIONES DE SARAMUYO (*Annona muricata* L.) A LA INOCULACIÓN DE UN CONSORCIO DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS

Elizabeth Herrera-Parra[1*], Carolina Isabel Basto Pool[1], Felipe Santamaría-Basulto[1], Manuel de Jesús Zavala León[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochá.
*Autor para correspondencia: elian.herrera09@gmail.com

Palabras clave: Micorriza, anonáceas, promoción de crecimiento.

Introducción

En los huertos familiares de Yucatán se cultivan materiales criollos de anonáceas como saramuyo (*Annona squamosa* L.) los frutos son apreciados por su sabor, textura, propiedades organolépticas, sin embargo, son de tamaño variable y la producción es discontinua (Santamaría *et al*., 2015). El uso de injertos es una alternativa que contribuye a la mejora de la producción, sin embargo, para producir estos se requiere de plantas que se utilicen como portainjertos, con altura promedio de 70 cm y con diámetro de tallo mayor de 8 mm, lo cual en un sistema de producción convencional ocurre a los 9 meses posteriores a la germinación de las semillas (Cituk, 2021). Una alternativa que reduce el tiempo de crecimiento de anonáceas para obtener plantas deseables para su injertacion es el uso de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estos colonizan las raíces de las plantas, y establecen asociación mutualista dando lugar a la micorriza, aumentan el área de absorción de la raíz, proporcionan mayor translocación y solubilizando nutrientes poco móviles del suelo a la planta, lo que reduce el estrés hídrico y favorece el crecimiento general (Cristóbal-Alejo *et al.,* 2022). El objetivo fue conocer el efecto de hongos micorrízicos arbusculares nativos en el crecimiento de materiales de saramuyo con potencial para su uso como portainjertos.

Materiales y métodos

Obtención de plántula. Se colectaron frutos de saramuyos, que se obtuvieron del Banco de Germoplasma: Frutales Tropicales del INIFAP establecido en el sitio experimental Uxmal, Yucatán. De los frutos se extrajeron semillas que se sembraron en charolas germinadoras con sustrato comercial Cosmopeat® y a los 60 días después de la siembra (dds) se obtuvieron plántulas listas para establecer el experimento.
Consorcio de HMA. Fue aislado de suelo en el estado de Yucatán, proveniente de la selva baja tropical caducifolia, en la reserva ecológica Cuxtal (20° 52’ 07.44’’ N y 89° 36’ 51.64’’ W), e incrementado en el campo experimental Mocochá.
Establecimiento del experimento. Las plántulas se trasplantaron a bolsas negras para vivero de 2 kg de capacidad en suelo agrícola previamente desinfectado mediante arrastre de vapor durante 2 horas a 100 °C. Al momento del trasplante cada accesión fue inoculada con 5 g del consorcio de los HMA que contenían 269 esporas y 100 fragmentos de raíces de sorgo colonizadas en un 100 % por micelio y un 85 % por esporas. Se evaluaron cinco accesiones de saramuyo catalogadas como 32, 65, 80, 86 y 104. Adicionalmente cada accesión tuvo un testigo sin la inoculación de los HMA. El experimento se estableció en un invernadero bajo condiciones de riego en un diseño completamente al azar, cada tratamiento consto de 15 plantas como unidad experimental mismas que constituyeron las repeticiones.
Variables estimadas. Transcurridos 180 se estimaron las variables altura (cm), diámetro de tallo (mm), largo (cm), volumen (cm^3) y biomasa seca de raíz (mg). También en cinco plantas por tratamiento se estimó el porcentaje de colonización total de los HMA siguiendo la metodología de Phillips y Hayman, (1970).
Análisis de datos. Para ajustar la normalidad de los datos, los porcentajes fueron transformados utilizando la función de √arcoseno. Con los datos se realizó un ANDEVA y las medias se compararon con la prueba de Scott & Knott (P≤0.05). Los análisis se realizaron en Statistica 7 (Statsoft, Tulsa, Ok, USA).

Resultados y discusión

Los resultados señalaron diferencias estadísticas altamente significativas (P≤0.0001) entre tratamientos. Las accesiones 65, 80 y 104, inoculadas con el consorcio de HMA, presentaron la mayor altura de plantas (110 cm). Las accesiones 32 y 86 tuvieron hasta 99.30 cm de altura y se perfilaron entre las mejores. El resto de las accesiones que no fueron inoculadas con los HMA presentaron la menor altura de plantas de 58.60 a 20 cm en promedio. Todas las accesiones inoculadas con los HMA presentaron mayor crecimiento de tallos con diámetros de 8.13 a 9.06 mm y sobresalieron las accesiones 80 y 104 (Cuadro 1) logrando

las características idóneas de crecimiento en 180 día, equivalente a 6 meses, acortando el tiempo para utilizarlas como portainjertos ya que para obtener estas características deseables transcurren al menos 9 meses (Puc-Flores *et al*. 2018).

Cuadro 1. Variables estimadas en accesiones de saramuyo a los 180 días posteriores a la siembra.

Accesión	Altura de la planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Largo de raíz (cm)	Volumen de raíz (cm^3)	Biomasa seca de raíz	Colonización total (%)
32	99.30 b	8.13 b	40.50 a	23.76 b	7.76 b	100 a
65	110.70 a	8.27 b	35.86 b	21.08 c	7.51 b	92.00 a
80	109.90 a	8.68 a	34.17 b	25.42 b	8.78 b	91.87 a
86	92.80 b	8.01 b	44.33 a	22.08 b	8.13 b	100 a
104	111.70 a	9.06 a	41.00 a	29.75 a	10.55 a	100 a
C-32	50.91 c	5.57 c	36.00 b	18.08 c	4.22 c	0.00 b
C-65	20.00 d	3.02 d	12.83 c	2.75 d	0.13 d	0.00 b
T-80	49.60 c	5.61 c	32.00 b	14.75 c	3.51 c	0.00 b
T-86	49.10 c	6.17 c	37.17 b	16.17 b	4.64 c	0.00 b
C-104	58.60 c	5.48 c	39.25 a	14.83 c	3.83 c	0.00 b
E. E.	3.67	0.26	2.23	1.13	0.48	0.45

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Scott & Knott, P≤0.05). n= 15. T= Testigo sin HMA

Por otra parte, se observó una tendencia a favorecer el crecimiento del largo de la raíz en las accesiones 32, 86 y 104, sin embargo, fueron estadísticamente igual a la accesión control C104. El mayor volumen y biomasa seca de raíz se obtuvo con la accesión 104 con promedio superior al resto de las accesiones. También sobresalieron las accesiones 32, 56, 80 y 86 las que presentaron raíces con volumen de hasta 9.78 cm^3 en promedio (Cuadro 1). Los porcentajes de colonización total fueron altos y oscilaron de 92 al 100% demostrando que las accesiones de saramuyo en esta etapa de crecimiento son altamente colonizables. Asimismo, los HMA para favorecer el crecimiento en anonáceas colonizan la raíz de las plantas, reducen el estrés biótico, abiótico, ponen a disposición nutrientes y agua para las plantas, reflejándose en el crecimiento general y producción de mayor biomasa (Gomes-Junior *et al*., 2018; Cristóbal-Alejo *et al*., 2022) como lo obtenido en este trabajo.

Conclusiones

El consorcio de HMA promovió el crecimiento de las accesiones de saramuyo y acorto el tiempo de crecimiento. Se obtuvieron plantas de saramuyo con alturas y diámetro de tallos deseables para usarse como portainjertos.

Fuente de financiamiento

El trabajo fue financiado con recurso del proyecto fiscal con No. SIGI. 9403436377

Referencias bibliográficas

Cituk-Chan, D. E. (2021). Manual de propagación y producción de saramuyo (*Annona squamosa* L.). Tecnológico Nacional de México.

Cristóbal-Alejo, J. Lima-Burgos, A. Pinzón- López, L. L. Tun-Suárez, J. M. Herrera-Parra, E. (2022) Hongos micorrízicos arbusculares aceleran el tiempo de crecimiento de portainjertos de guanábana (*Annona muricata* L.). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 9(1): e3226. DOI: 10.19136/era.a9n1.3226

Gomes-Júnior, G. A. Alves-Pereira, R. Andrade-Sodré, C. do Sacramento, C. K. Gross, E. (2018) Iniculation with micorrhizhal fungi and organic compost from cocoa Shell positively influence the growth and mineral nutrition of soursop plants (*Annona muricata* L.). Revista Brasileira de Fruticultura 4: 1-11. DOI: 10.1590/010029452018024.

Phillips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55:158-161. https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3.

Santamaría, B. F. May, L. C. y Burgos, D. J. A. (2015). Características de las accesiones de saramuyo del banco de germoplasma del Sitio Experimental Uxmal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. 48p.

ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE Y TOMATE CON NANOPARTÍCULAS DE SELENIO

Janet Ma. León-Morales[1], María Fernanda Hernández-Soltero[2], Overlin Brandon Hernández-Fernández[2], José Juvencio Castañeda-Nava[2] y Soledad García-Morales[3*]

[1]Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, [2]Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, [3]SECIHTI - Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.
*Autor para correspondencia: smorales@ciatej.mx

Palabras clave: Elemento benéfico, *Capsicum annuum, Solanum lycopersicum*.

Introducción

En las plantas, el selenio (Se) es considerado un elemento benéfico ya que estimula su crecimiento, mejora el rendimiento de los cultivos y tiene influencia en la tolerancia y resistencia al estrés biótico y abiótico, pero no es considerado un elemento esencial. El efecto benéfico del Se está en función de su concentración y especiación, el método de aplicación (vía foliar o a la raíz), las condiciones del suelo o el medio de crecimiento (sustrato o sistema hidropónico) y la frecuencia de aplicación (Saldaña-Sánchez *et al*., 2019). Además, el Se puede inducir la eliminación de especies reactivas de oxígeno (ERO) producidas por las plantas en condiciones de estrés a través de mecanismos antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. Por lo que el uso del Se, como un "activador de la salud de las plantas", tiene el potencial de reducir el uso gradual de pesticidas y fertilizantes sintéticos. En este sentido, existe una búsqueda constante de productos de origen natural para la estimulación y la protección de plantas, que, aunado a tecnologías novedosas como la nanotecnología, permiten la síntesis verde de nanopartículas de Se (SeNPs). Se ha propuesto el uso de SeNPs como agentes bioestimulantes, donde el grado de absorción y sus efectos sobre el crecimiento y funciones metabólicas depende de cada especie vegetal (Garza-García *et al*., 2023). El tomate y el chile son cultivos hortícolas importantes a nivel mundial desde el punto de vista económico y nutricional. Estos cultivos se producen frecuentemente bajo condiciones protegidas, donde la práctica común es el cultivo de plántulas, que ayuda a economizar el espacio de producción y la obtención de cultivos más homogéneos (Saldaña-Sánchez *et al*., 2019). El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes concentraciones de dos tipos de SeNPs, obtenidas por síntesis verde con extractos vegetales, en el crecimiento de plántulas de tomate y chile serrano con el fin de obtener plántulas con mejor calidad, crecimiento y acumulación de biomasa para garantizar el éxito del cultivo y su establecimiento en campo o invernadero.

Materiales y métodos

Se sembraron semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cv. Rio Grande (Semillas FAX hortalizas, USA) y chile serrano (*Capsicum annuum*) (Itsco Agro, USA) en charolas germinadoras con peat moss. Las semillas de tomate se sembraron cinco días después de las semillas de chile serrano. Cada tercer día, se realizaron riegos con agua destilada. Se utilizaron SeNPs-AGL sintetizadas con extracto de hojas de *Amphipterygium glaucum* de acuerdo con lo reportado por Garza-García *et al*. (2023), con un intervalo de tamaño reportado de 40 a 400 nm. Las SeNPs-COF se obtuvieron siguiendo la metodología de Díaz-Hernández *et al*. (2021) con extracto de flores de *Calendula officinalis*, con un tamaño entre 40 y 60 nm. Se evaluaron tres concentraciones de SeNPs: 2.5, 5 y 10 µM de SeNPs-CHE y COF. La aplicación de 5 mL de cada tratamiento por planta se hizo a la raíz. La primera aplicación de los tratamientos se realizó después de dos semanas de la siembra, y después cada semana, cinco aplicaciones en total. Después de 35 días de la primera aplicación de SeNPs, se determinó la altura de planta, con una regla, de la base de la planta hasta el punto de crecimiento más alto. El diámetro de la base del tallo se midió con un vernier. Las raíces se lavaron y se midió la longitud de la raíz más larga con una regla. Se determinó el peso fresco (PF) de la raíz y de la parte aérea de la planta en una balanza analítica; y el peso seco (PS) de la parte aérea se registró después del secado del tejido en una estufa a 60°C durante 72 h. Se midieron 10 plantas por tratamiento (n=10). Se realizó un análisis de varianza de una vía utilizando los procedimientos del paquete estadístico Statgraphics 18 (Statgraphics Technologies, Inc. Virginia, USA). La diferencia entre medias se analizó con la prueba de rangos múltiples de Duncan con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

La aplicación de 5 µM de SeNP-AGL o COF incrementaron la altura de las plántulas de tomate (Figura 1a). En las plantas de chile, las concentraciones de 2.5 y 5 µM de SeNPs-AGL y las tres dosis de SeNPs-COF favorecieron significativamente la altura de las plantas (Figura 1b). De forma similar Ishtiaq *et al*. (2023), registraron un aumento creciente en la altura de las plantas de tomate cv. Roma sometidas al pretratamiento de 24 h con SeNPs (25, 50, 75 y 100 mg/L).

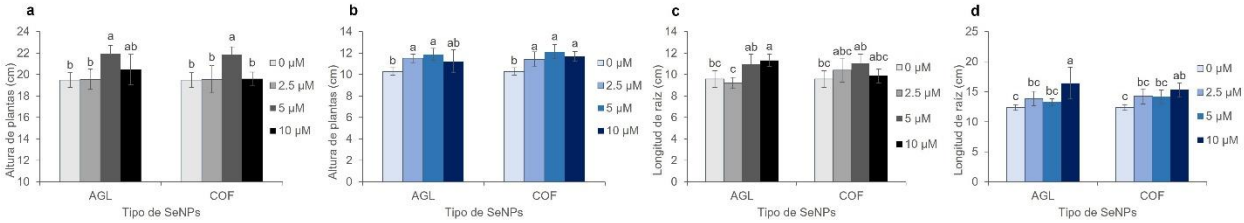


Figura 1. Altura de plántulas y longitud de raíz en tomate (a y c) y chile (b y d) regadas con diferentes concentraciones de SeNPs. Letras diferentes indican diferencias estadísticas, prueba Duncan ($p \leq 0.05$).

En plántulas de tomate, la longitud de la raíz fue mayor con 10 µM de SeNP-AGL (Figura 1c). En las plántulas de chile, la aplicación de 10 µM de ambos tipos de SeNPs favorecieron el crecimiento de la raíz (Figura 1d). Encontrándose un efecto estimulador del crecimiento y del desarrollo de las raíces. En tanto que, la aplicación de las SeNPs-COF no tuvo efectos significativos en la longitud de raíz de plántulas de tomate (Figura 1c). Similar a lo reportado en plantas de zanahoria donde no se encontraron diferencias entre el testigo y el tratamiento con 10 mg/L de SeNPs (El-Batal *et al*., 2023). No obstante, en plantas de chile incrementó significativamente la longitud de raíz con la concentración más alta de SeNPs (10 µM) (Figura 1d). Lo que evidencia el efecto diferencial de las SeNPs en función de la especie vegetal.

El diámetro del tallo en las plántulas de tomate fue mayor con la dosis de 10 µM de SeNPs-COF; mientras que, no se encontraron diferencias con la aplicación de SeNPs-CHE. En las plántulas de chile, el diámetro del tallo fue superior al testigo con la aplicación de 5 y 10 µM de ambas SeNPs (Cuadro 1). Resultados similares fueron reportados por Garza-García *et al*. (2023) en plantas de *Catharanthus roseus* y *Calendula officinalis* con la aplicación de 10 y 20 µM de SeNPs-AGL. En otro estudio en plantas de tomate también se registró mayor diámetro del tallo con dosis de 25, 50, 75 y 100 mg/L de SeNPs (Ishtiaq *et al*., 2023).

Cuadro 1. Diámetro de tallo y peso fresco (PF) de plántulas de tomate y chile crecidas con diferentes concentraciones de nanopartículas de selenio (SeNPs).

SeNPs	[µM]	Tomate			Chile		
		Diámetro de tallo (mm)	PF parte aérea (g)	PF raíz (g)	Diámetro de tallo (mm)	PF parte aérea (g)	PF raíz (g)
Testigo	0	2.88±0.13bc	2.08±0.15c	0.20±0.031d	1.60±0.14c	1.09±0.12d	0.36±0.04b
AGL	2.5	2.71±0.07c	2.48±0.22b	0.35±0.04bc	1.86±0.09bc	1.14±0.08cd	0.52±0.04a
	5	2.94±0.09ab	2.90±0.31a	0.40±0.03ab	2.08±0.08a	1.48±0.15a	0.58±0.07a
	10	2.86±0.14bc	2.74±0.14ab	0.45±0.06a	1.99±0.19ab	1.24±0.12bcd	0.54±0.09a
COF	2.5	2.87±0.10bc	2.49±0.15b	0.31±0.06c	1.93±0.09ab	1.33±0.09abc	0.38±0.03b
	5	2.84±0.06bc	2.64±0.21ab	0.27±0.03cd	1.95±0.07ab	1.27±0.09bcd	0.41±0.02b
	10	3.09±0.11a	2.63±0.18ab	0.32±0.03bc	2.04±0.05a	1.41±0.07ab	0.42±0.03b

Letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas, prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

El PF de la parte aérea de las plántulas de tomate incrementó con la aplicación de las tres dosis de las SeNPs-AGL y COF. Mientras que, el PF de la parte aérea de las plántulas de chile fue superior con la aplicación de 5 µM de SeNPs-AGL, seguido de los tratamientos con 2.5 y 10 µM de SeNPs-COF (Cuadro 1). Estos estudios corroboran que las SeNPs promueven el crecimiento de las plantas y la acumulación de biomasa fresca en diferentes especies vegetales de interés comercial como el tomate (Ishtiaq *et al*., 2023) y la zanahoria (El-Batal *et al*., 2023).

Las tres concentraciones de SeNPs-AGL (2.5, 5 y 10 µM) favorecieron la acumulación de biomasa fresca de raíz tanto de plántulas de tomate como de chile (Cuadro 1). Algunos estudios indican que la formación de raíces con la aplicación de SeNPs se debe a un aumento en el contenido de fitohormonas, principalmente auxinas (Ishtiaq *et al*., 2023; El-Batal *et al*., 2023). En contraste, el PF de las plántulas de chile tratadas con SeNPs-COF fue estadísticamente similar al testigo (Cuadro 1).

La aplicación de las SeNPs AGL y COF incrementó el PS de la parte aérea de las plántulas de tomate y de chile. En tomate, el mayor incremento en PS se registró en el tratamiento con 5 µM de SeNPs-AGL, con un 58.1% (Figuras 2a y 2c). Mientras que, la dosis de 10 µM de SeNPs-COF aumentó 34.7% el PS. De manera similar, en las plántulas de chile, se obtuvo 62.8% más PS con 5 µM de SeNPs-AGL (Figuras 2b y 2d) comparado con el 47.8% que se encontró con 10 µM de SeNPs-COF, en ambos casos comparado con el testigo (0 µM). Contrario a estos resultados, no se encontraron diferencias significativas en el PS de la parte aérea de plantas de zanahoria con la aplicación de 10 mg/L de SeNPs (El-Batal *et al*., 2023). Lo que podría indicar un efecto diferenciado de las SeNPs debido a la especie vegetal y a la fase fenológica.

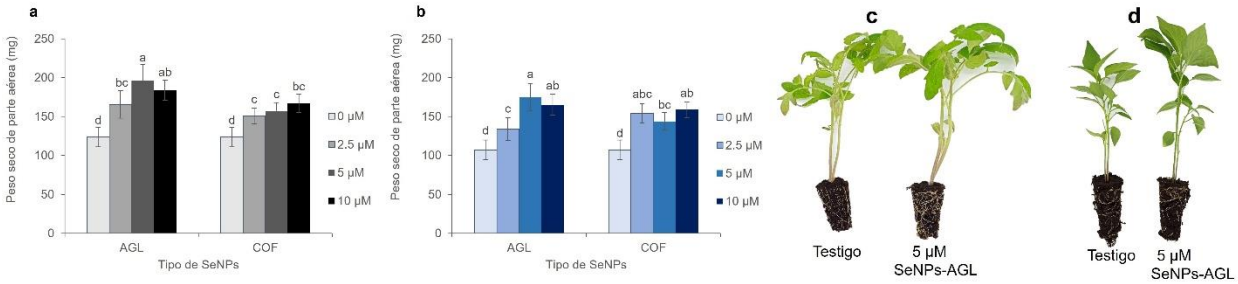


Figura 2. Peso seco de la parte aérea e imagen del crecimiento (día 28) de plántulas de tomate (a y c) y de chile (b y d) regadas con SeNPs. Letras diferentes indican diferencias estadísticas, Duncan ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

Las AGL-SeNPs incrementaron el crecimiento de la raíz y el peso fresco de las plántulas de chile y de tomate. Las SeNPs tuvieron un efecto bioestimulante al mejorar el crecimiento y al aumentar el peso fresco y seco de plántulas de solanáceas de interés comercial, destacando los resultados de la concentración de 5 µM de las AGL. No se encontraron efectos fitotóxicos de las SeNPs, en ninguna de las concentraciones evaluadas, ya que no hubo inhibición en el crecimiento ni desarrollo anormal de las plántulas.

Agradecimientos

A la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología de Jalisco y al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (proyecto 9851-2022), y al laboratorio nacional PLANTECC por las facilidades otorgadas.

Referencias bibliográficas

El-Batal, A. I., Ismail, M. A., Amin, M. A., El-Sayyad, G. S., & Osman, M. S. (2023). Selenium nanoparticles induce growth and physiological tolerance of wastewater-stressed carrot plants. *Biologia*, *78*, 2339-2355.

Garza-García, J. J. O., Hernández-Díaz, J. A., León-Morales, J. M., Velázquez-Juárez, G., Zamudio-Ojeda, A., Arratia-Quijada, J., Reyes-Maldonado, O. K., López-Velázquez, J. C., & García-Morales, S. (2023). Selenium nanoparticles based on *Amphipterygium glaucum* extract with antibacterial, antioxidant, and plant biostimulant properties. *Journal of Nanobiotechnology*, *21*(1), 252.

Hernández-Díaz, J. A., Garza-García, J. J., León-Morales, J. M., Zamudio-Ojeda, A., Arratia-Quijada, J., Velázquez-Juárez, G., López-Velázquez, J. C., & García-Morales, S. (2021). Antibacterial activity of biosynthesized selenium nanoparticles using extracts of *Calendula officinalis* against potentially clinical bacterial strains. *Molecules*, *26*(19), 5929.

Ishtiaq, M., Mazhar, M. W., Maqbool, M., Hussain, T., Hussain, S. A., Casini, R., Abd-ElGawad, A. M., *et al*. (2023). Seed priming with the selenium nanoparticles maintains the redox status in the water stressed tomato plants by modulating the antioxidant defense enzymes. *Plants*, *12*(7), 1556.

Saldaña-Sánchez, W. D., León-Morales, J. M., López-Bibiano, Y., Hernández-Hernández, M., Langarica-Velázquez, E. C., *et al*. (2019). Effect of V, Se, and Ce on growth, photosynthetic pigments, and total phenol content of tomato and pepper seedlings. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *19*, 678-688.

RENDIMIENTO DE GRANO Y RENTABILIDAD DE MAÍZ NATIVO EN MONOCULTIVO Y MILPA, BAJO TEMPORAL EN LA MIXTECA DE OAXACA

Leodegario Osorio-Alcalá[1]*, Daniela Herrera-Castro[1]

[1]CEVOAX-INIFAP.
*Autor para correspondencia: osorio.leodegario@inifap.gob.mx

Palabras claves: Fertilización, utilidades, bioinsumos.

Introducción

En la Mixteca de Oaxaca y otras regiones del estado, la producción de maíz nativo es poco rentable por los bajos rendimientos (1.41 t ha^{-1} a nivel estatal y en la Mixteca 0.99 t ha^{-1}) y altos costos de producción, sobre todo con los productores de autoconsumo (DGSIAP, 2024); sin embargo, actualmente la política federal y estatal se promueve conservar y producir maíces y semillas nativas con prácticas más sustentables que conserven los recursos y no deterioren el suelo. La milpa como un sistema de producción ancestral ha permitido producir diversos alimentos en distintas épocas del año y ha sido parte de la base de la alimentación de productores de baja escala en las zonas rurales. En estos sistemas de producción es necesario implementar prácticas como la asociación de cultivos, uso de variedades tolerantes a sequía y transitar de la fertilización química a orgánica al suelo (Cruz González *et al*, 2024). La producción de maíz además de productiva y rentable tiene que ser sustentable, en este aspecto se tiene que evaluar los diferentes sistemas de producción y prácticas agrícolas (Uzcanga Pérez *et al*, 2020). El objetivo de la presente investigación fue evaluar diferentes dosis de fertilización química y orgánica en el sistema de maíz monocultivo y en milpa (maíz-frijol-calabaza) bajo temporal, en la producción de grano y en la rentabilidad de cada sistema, para generar información de utilidad a productores y técnicos que promueven estos sistemas de producción y ofrecer alternativas viables para productores de mediana y baja escala.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el Sitio Experimenta Mixteca Oaxaqueña, ubicado en las coordenadas geográficas 17°30´31´´ LN y 97°21´05´´ LO a una altitud de 2,125 m. Se evaluaron seis tratamientos con diferentes dosis de fertilización química y orgánica: *T1:* 90-40-30 NPK, *T2:* 45-20-15 + Bioinsumos, *T3:* 45-20-15 NPK, *T4:* 110-60-60 NPK, *T5:* Bioinsumos y *T6:* Testigo absoluto. En tratamiento de bioinsumos se trató la semilla con microorganismos y se realizó la aplicación de 100 g/mata de lombricomposta en la siembra y dos aplicaciones de 100 ml/mata de lixiviados en “drench”, en los estados de V5 y V7. En los tratamientos de fertilización química se aplicó todo el fósforo y potasio en la siembra, mientras que el nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones (siembra, V4 y V6). El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones en dos sistemas de producción: maíz monocultivo y milpa (maíz-frijol-calabaza). Se utilizaron los genotipos: maíz nativo “Jaltepec”, frijol criollo “Enredador” de tipo IV y calabaza “Criolla”. La siembra se realizó el 4 de julio en el ciclo PV-2024. En maíz monocultivo cada tratamiento se estableció en cuatro surcos de 10 m de longitud separados a 0.8 m, fue sembrada 1 semilla de maíz separada a 0.25 m para obtener una densidad de población de 50,000 plantas/hectárea. En el sistema milpa cada tratamiento se estableció en 6 surcos de 8 m de longitud y separados a 0.80 m, en cada mata se depositaron dos semillas de maíz, una de frijol por mata, y una semilla de calabaza cada 3 m en surcos alternos, con separación entre matas de 0.5 m, para obtener una densidad de población de 40,625 plantas de maíz por hectárea, 20,312 de frijol y 2,344 de calabaza. En maíz se registraron los días a floración y madurez fisiológica, altura de planta y de mazorca, rendimiento de grano ajustado al 12% de humedad. En el sistema milpa, en frijol se registró los días a floración y el rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad; en calabaza, se cosecharon los frutos producidos en cada parcela experimental. También se anotaron los costos de producción de cada tratamiento para realizar el análisis económico, se calcularon las utilidades y la relación beneficio costo; se cuantifico la precipitación durante el desarrollo de los cultivos.

Resultados y discusión

Durante el ciclo de cultivo en ambos sistemas de producción se registró una precipitación de 508 mm, favorable para el maíz y frijol, pero ocasionó pudrición en el desarrollo de la calabaza que afecto su rendimiento.

Se identificaron diferencias estadísticas por sistema de producción, en monocultivo el maíz en promedio rindió 4.39 t ha^{-1} y en la milpa 1.66 t ha^{-1}; es decir, por efecto de competencia entre especies el maíz disminuyo su rendimiento en 2.73 t ha^{-1}. El efecto de dosis de fertilización se encontró que en monocultivo el T4 y T1 tuvieron rendimientos de grano estadísticamente iguales 5.31 y 5.2 t ha^{-1}, respectivamente. Los menores rendimientos (Figura 1) fueron con el T6 y T5 con 2.99 y 3.44 t ha^{-1}, respectivamente. El T2 donde se disminuyó en 50% la dosis de fertilización y se complementó con bioinsumos, su rendimiento fue de 4.64 t ha^{-1}, inferior en solamente en 0.67 t ha^{-1} en relación con el T4 que tuvo la dosis más alta. El T5 con bioinsumos supero al T6 (testigo absoluto) en 0.45 t ha^{-1}, este es el efecto de solo aplicar bioinsumos logrando pequeños incrementos, aunque no son estadísticamente diferentes.

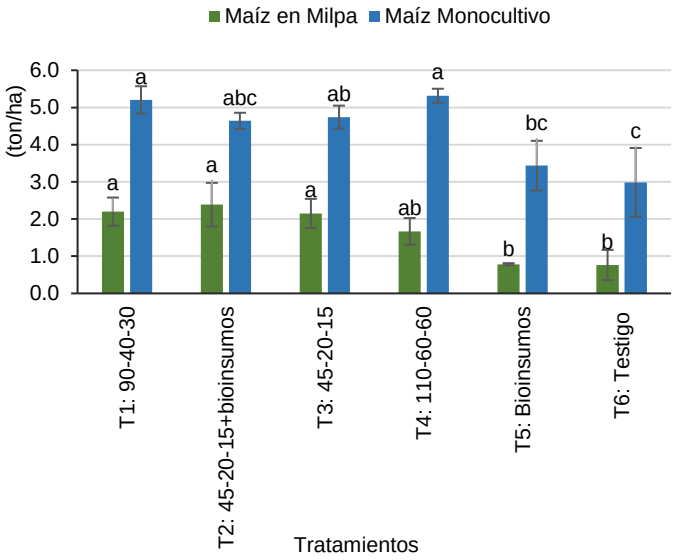


Figura 1. Rendimiento de grano de maíz nativo “Jaltepec” en dos sistemas de producción bajo condiciones de temporal. Yanhuitlán, Oax. Ciclo PV-2024.

En maíz con el sistema milpa los mayores rendimientos fue con los tratamientos: T1, T2 y T3, que fluctuaron entre 2.1 y 2.3 t ha^{-1}, mientras que la menor producción estadísticamente diferentes fue con T5 y T6 con 0.78 y 0.76 t ha^{-1}, respectivamente (Figura 2). Esto concuerda con Ebel *et al*, (2017) sobre el efecto de competencia que ejerce el frijol y calabaza sobre el maíz que es altamente demandante en nutrientes y sobre todo en nitrógeno. En la milpa se obtienen múltiples beneficios como la producción de alimentos sanos y nutritivos en diferente época del año, iniciando con las guías y flores de calabaza, calabacitas tiernas, después los ejotes verdes de frijol, luego elotes, y finalmente se cosecha grano de maíz y frijol, calabaza en fruta y semilla; contrario al maíz en monocultivo donde solo se obtienen elotes y grano de maíz.

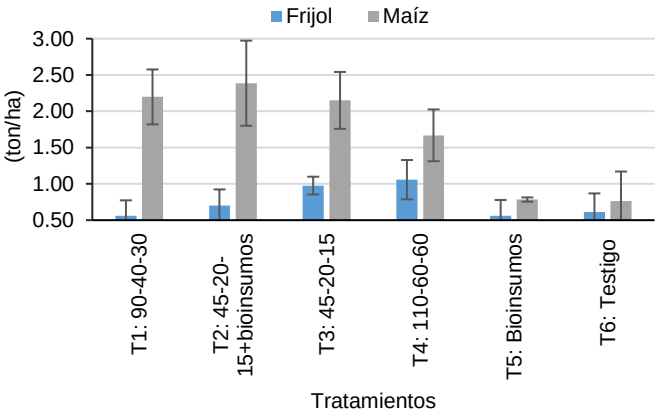


Figura 2. Rendimiento de grano de maíz nativo “Jaltepec” y frijol voluble en el sistema milpa, con diferentes fuentes de fertilización química y orgánica, en condiciones de temporal. Yanhuitlán, Oax. Ciclo PV-2024.

En frijol, hubo poca respuesta a la dosis alta de fertilización química, con T4 se obtuvieron 1.06 t ha^{-1}, pero con T3 el rendimiento fue de 0.98 t ha^{-1}, las diferencias fueron mínimas. El tratamiento que combinó la aplicación de bioinsumos con la dosis 45-20-15 (NPK) el rendimiento de frijol fue de 0.7 t ha^{-1}, con la aplicación de solo bioinsumos y el testigo absoluto los rendimientos fueron los más bajos con 0.56 y 0.61 t ha^{-1}, respectivamente. En general el rendimiento de grano de frijol se considera favorable por las buenas condiciones de humedad que favorecieron a esta leguminosa en asociación con maíz, pero debido a su crecimiento vigoroso generó gran competencia con el maíz, e incluso llego a “acamarlo” por la carga de ejote. En el caso de la semilla de calabaza en respuesta a las dosis de fertilización, con los tratamientos T3 y T1 se logró producir el mismo rendimiento de semilla 0.1 t ha^{-1}, mientras que la menor producción 0.01 t ha^{-1} fue con el T5 (Bioinsumos), el testigo absoluto obtuvo 0.04 t ha^{-1}. En este caso la producción del T5, respecto al T6, puede ser un efecto de suelo.

Análisis económico. Con los costos de producción por cada tratamiento vigentes en diciembre del 2024, y dando un valor de $ 9/kg de grano de maíz nativo, $ 40/kg de frijol y $ 120/kg semilla de calabaza, se realizó el análisis económico del maíz en monocultivo y del sistema milpa (Cuadro 1). En maíz monocultivo se obtuvieron importantes utilidades con los tratamientos que tuvieron fertilización química, mientras que los que incluyeron bioinsumos reflejaron pérdidas por el alto costo de producción de los bioinsumos, incluso el testigo absoluto genero mayores utilidades. En monocultivo la mayor relación B/C fue con T3 obtuvo un valor de 2.55 y la menor con el T5. En el sistema milpa con el T3 donde se disminuyó en 50% la fertilización química, se logró la mayor utilidad y relación B/C (2.93); esto se sustenta con lo señalado por Vargas Salgado *et al*, (2021) que las tecnologías de producción donde se aplican menores dosis de fertilización y se obtienen rendimientos más bajos, alcanzan mejores beneficios debido a que usan más eficientemente los fertilizantes. Los tratamientos T2 y T5 tuvieron las menores relaciones B/C por los costos de los bioinsumos y su aplicación.

Cuadro 1. Análisis económico de maíz en monocultivo y maíz en sistema milpa, con diferentes fuentes de fertilización química y orgánica, en temporal. Santo Domingo Yanhuitlán, Oax. Ciclo PV-2024.

Tratamiento	Monocultivo			Milpa		
(NPK)	Rendimiento t/ha	Utilidades	B/C	Rendimiento t/ha	Utilidades	B/C
T1: 90-40-30	5.20	$26,538.24	2.31	2.20	$26,591.24	1.96
T2: 40-20-15 + bioinsumos	4.64	-$2,173.84	0.95	2.39	$3,029.16	1.06
T3: 45-20-15	4.74	$25,926.16	2.55	2.15	$46,469.16	2.93
T4: 110-60- 60	5.31	$25,609.87	2.15	1.67	$33,902.87	2.15
T5: Bioinsumos	3.44	-$9,928.0	0.76	0.78	-$17,615.0	0.63
T6: Testigo	2.99	$13,222.0	1.97	0.76	$15,005.0	1.71

Conclusiones

En el sistema milpa se logra mayor rentabilidad y se produce alimentos variados y en diferente periodo de tiempo que contribuyen a una alimentación más sana, respecto al maíz en monocultivo.

Con el tratamiento donde se reduce la fertilización química al 50% en ambos sistemas de producción se obtienen las mejores relaciones beneficio/costo, superior los tratamientos de dosis alta de fertilización química y donde se incluye bioinsumos.

En un primer ciclo de producción con la aplicación de bioinsumos no se logra un beneficio económico inmediato, pero mejora la vida biológica del suelo.

Agradecimientos y fuente financiadora

Financiamiento de CIMMYT mediante el proyecto “Impulso a la agricultura sustentable con base en la evaluación científica, en la Mixteca de Oaxaca”.

Fuentes bibliográficas

Cruz González, A., Arteaga Ramírez, R., Sánchez Cohen, I., Soria-Ruiz, J. y Monterroso Rivas, A. I. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. México, 15(1), pp. 33-27.

Ebel, R., Pozas Cárdenas J. G, Soria Miranda, F. y Cruz González, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimientos de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo en México. Terra Latinoamericana 3582). pp. 149-160.

Uzcanga Pérez, N. G., Chanatásig Vaca, C. I. y Cano González, A. (2020). Sustentabilidad socioeconómica y ambiental de los sistemas de producción de maíz de temporal, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. México, 11(5), pp. 993–1004.

Dirección General del Servicio de Información Agroalimentación y Pesquera (DGSIAP). (2024). Avance de Siembras y Cosechas. Disponible en: https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/.

Vargas Salgado, M., Portillo Vázquez, M., Brambila Paz, J. de J., Martínez Damián, M. Ángel y Medina Cuellar, S. E. (2021). Óptimos económicos de fertilizante en la producción de maíz blanco en Valles Altos, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. México, 12(8), pp. 1391–1400.

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS MOLECULARES PARA EL MONITOREO MICROBIANO ORIENTADO A LA SALUD DEL SUELO EN SISTEMAS AGRÍCOLAS DE SAN LUIS POTOSÍ

Pablo Axel Ramos-Fraire[1]*, Oscar Martín Posadas-Leal[2], Erick Salvador Gutiérrez-Gaitán[2], Fortino Vásquez-Núñez[2], Jesús Capetillo-Portugal[2], Ricardo Romero-Arguello[1], Esther Emilia Ríos-del Toro[1], Gabriel Ruiz-Ayma[1], Antonio Guzmán-Velasco[1], Mayra Alejandra Gómez-Govea[1]*

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de Biología de la Conservación y Desarrollo Sustentable. [2]Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.
*Autor para correspondencia: mayra.gomezgv@uanl.edu.mx

Palabras clave: Microbioma del suelo, suelos agrícolas, salud de suelo, prácticas agrícolas.

Introducción

La salud del suelo depende de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales influyen en la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. Factores como ubicación, degradación, erosión y temperatura modifican la disponibilidad de nutrientes y el rendimiento agrícola (Dincă *et al.* 2022; Gupta *et al.* 2022). La microbiota del suelo cumple funciones que están directa o indirectamente relacionadas con efectos sobre la salud en los ecosistemas terrestres. En la actualidad el uso de microorganismos en la recuperación de suelos se basa en la aplicación de microorganismos que mediante su metabolismo llevan a cabo servicios ecosistémicos. Además, muchos de estos tratamientos suelen ser incapaces de adaptarse a las redes metabólicas existentes (Gupta *et al.* 2022) A la fecha no existe un manejo de suelos individualizado. El objetivo del estudio fue evaluar la salud del suelo en parcelas agrícolas del programa "Adopta una Parcela" mediante la caracterización de la microbiota edáfica por secuenciación del gen 16S, la identificación de microbiomas centrales mediante análisis bioinformáticos, y la correlación de parámetros fisicoquímicos y prácticas de manejo agrícola con la estructura microbiana del suelo.

Materiales y métodos

Se recolectaron muestras en cinco parcelas demostrativas de asistencia técnica para el seguimiento de cultivos apoyados con el programa de fertilizantes (adopta una parcela) de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural del estado de San Luis Potosí, México, en los ejidos de Escalerillas; Los Bordos, Ejido Villa de Arriaga; El Arpa, Ejido de Bledos, Villa de Reyes; El Pato, Ejido La Estancita, Mexquitic de Carmona y Ejido El Mezquite, Villa de Arista. En cada sitio, se recolectaron cinco submuestras a 0–20 cm de profundidad, que fueron homogeneizadas. Se analizaron las propiedades fisicoquímicas según la NOM-021-RECNAT-2000 (pH, materia orgánica, textura y capacidad de intercambio catiónico). A partir de 1gr de muestra homogenizada se extrajo ADN. Se procedió a la secuenciación de la región V4 del gen 16S rARN Ilumina® MiSeq™. Los datos se procesaron con los softwares DADA2 en QIIME 1.9. El análisis estadístico incluyó ANOVA, PCA, índices de Shannon y Bray-Curtis, mapas de calor y curvas de rarefacción.

Resultados

Los suelos analizados presentan baja salinidad y una tendencia general hacia un pH alcalino, lo cual podría afectar la disponibilidad de nutrientes clave para las plantas. Se detectó una alta concentración de materia orgánica, cuya calidad dependerá del grado de descomposición y del equilibrio C/N. En cuanto a la textura, predominan los suelos arenosos, caracterizados por buen drenaje, pero baja retención de nutrientes y humedad. Estos resultados sugieren la necesidad de un monitoreo continuo, especialmente en zonas de riego frecuente y con suelos alcalinos**.** En cuanto a la diversidad microbiana los análisis revelaron una alta diversidad bacteriana entre las muestras evaluadas siendo los suelos del Ejido de Escalerillas y de Villa de Arriaga las que presentaron mayor similitud en las especies microbianas (Bray-Curtis = 0.226), mientras que las muestra 2 Villa Arriaga y 5 Villa Arista, mostraron la mayor disimilitud entre las abundancias relativas (Bray-Curtis = 0.490) que sugiere una diferencia de las comunidades entre las muestras. Se observaron entre 2,000 a 3,500 especies bacterianas por muestra, destacando una alta riqueza microbiana. La composición taxonómica mostró predominancia de los filums Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes y Bacteroidetes. A nivel de orden, Rhizobiales, Sphingomonadales y Burkholderiales fueron comunes en varias muestras como Mexquitic y villa Arista. Un hallazgo relevante fue la alta abundancia del género *Sphingomonas* en los suelos de la parcela de Mexquitic, identificado como biomarcador con una alta puntuación LDA, debido a sus capacidades para degradar contaminantes y fijar nitrógeno. En el análisis

de correlación entre la diversidad microbiana y los parámetros fisicoquímicos del suelo no se encontraron asociaciones significativas. Tampoco se observó una relación clara entre la diversidad y el tipo de cultivo presente en las parcelas. Estos resultados sugieren que, en las condiciones evaluadas, la variabilidad en la composición microbiana no está directamente influenciada por las variables físicoquímicas ni por el tipo de cultivo, lo cual podría atribuirse a una homogeneidad relativa entre las muestras o a la influencia de otros factores no considerados. No obstante, la ausencia de alteraciones marcadas en la diversidad y estructura microbiana también puede interpretarse como un reflejo de prácticas agrícolas adecuadas, que contribuyen a mantener la estabilidad del microbioma del suelo y, por ende, su funcionalidad ecológica.

Discusión

La sobre productividad agrícola ha generado un impacto negativo en la diversidad microbiana del suelo y en la funcionalidad del ecosistema, practicas como la labranza intensiva, el monocultivo, el uso de pesticidas y fertilizantes parecen alterar las características del suelo fértil disminuyendo la disponibilidad de materia orgánica y alterando el pH de este. Además, el uso desmedido de la fertilización nitrogenada puede reducir la diversidad microbiana, favoreciendo hongos patógenos y alterar la relación de los microorganismos beneficiosos (Gupta *et al.* 2022) La riqueza observada en los suelos de San Luis con más de 2,000 especies por muestra y una predominancia de filos como *Proteobacteria, Actinobacteria, Firmicutes y Bacteroidetes*, refleja una comunidad sana y activa. Esta composición microbiana coincide con lo reportado por otros autores, quienes destacan que estos grupos representan más del 80% de la diversidad en sistemas agrícolas manejados en distintos tipos de prácticas agrícolas (Li *et al.*2019). La abundancia del género *Sphingomonas* en los suelos de Mexquitic, identificada como biomarcador, es particularmente relevante, ya que este género ha sido asociado con la degradación de compuestos recalcitrantes y la fijación de nitrógeno, funciones críticas en la regeneración de suelos alterados (Asaf *et al.* 2020). Asimismo, su mayor presencia bajo condiciones de pH ácido y textura franco-arenosa sugiere una posible especialización ecológica. Además, la presencia de *Burkholderiales* de manera endófita promueven el crecimiento de las plantas y participan activamente en la asimilación del sulfato (Morigasaki *et al.* 2024).

Por otro lado, las diferencias en la estructura microbiana entre parcelas, reflejadas por el análisis de Bray-Curtis, demuestran la influencia de las condiciones del suelo y del manejo agrícola sobre la comunidad bacteriana. Esto concuerda con estudios que han documentado cambios significativos en la composición microbiana debido a prácticas agrícolas intensivas, como la fertilización química o el monocultivo prolongado (Dincă *et al.* 2022). Además, los resultados refuerzan la idea de que tanto la diversidad como la composición funcional de las comunidades microbianas están fuertemente condicionadas por las propiedades fisicoquímicas del suelo, incluyendo el pH, la textura y la materia orgánica, así como las prácticas agrícolas

Conclusiones

Las prácticas agrícolas intensivas impactan negativamente la diversidad microbiana y funcionalidad del suelo, alterando parámetros clave como el pH y la materia orgánica. A pesar de ello, los suelos de San Luis Potosí presentan una alta riqueza microbiana, con géneros funcionales como *Sphingomonas* y *Burkholderiales*, lo que sugiere un potencial ecológico importante. Las diferencias entre parcelas podrian reflejar la influencia del manejo y las condiciones edáficas. En este sentido, las herramientas bioinformáticas resultan esenciales para comprender estas dinámicas y guiar prácticas agrícolas más sostenibles.

Agradecimientos

Agradecemos al personal de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural por el apoyo técnico brindado en la investigación. Asimismo, expresamos un sincero agradecimiento a la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Fuente financiadora

El estudio se llevó a cabo con el apoyo financiero de Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) no. (CBF2023-2024-2946)

Referencias bibliográficas

Asaf, S., Numan, M., Khan, A. L., & Al-Harrasi, A. (2020). *Sphingomonas: from diversity and genomics to functional role in environmental remediation and plant growth*. *Critical Reviews in Biotechnology*, 40(2), 138–152. https://doi.org/10.1080/07388551.2019.1709793

Dincă, L. C., Grenni, P., Onet, C., & Onet, A. (2022). *Fertilization and Soil Microbial Community: A Review*. *Applied Sciences*, 12(3), 1198. https://doi.org/10.3390/app12031198

Gupta, A., Singh, U. B., Sahu, P. K., Paul, S., Kumar, A., Malviya, D., ... & Saxena, A. K. (2022). *Linking Soil Microbial Diversity to Modern Agriculture Practices: A Review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 3141. https://doi.org/10.3390/ijerph19053141

Li, J., Wu, Z., & Yuan, J. (2019). *Impact of agro-farming activities on microbial diversity of acidic red soils in a Camellia Oleifera Forest*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 43. https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20190044

Morigasaki, S., Matsui, M., Ohtsu, I., Doi, Y., Kawano, Y., Nakai, R., ... & Takaya, N. (2024). *Temporal and fertilizer-dependent dynamics of soil bacterial communities in buckwheat fields under long-term management*. *Scientific Reports*, 14(1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-60655-w

NUEVO PAQUETE TECNOLÓGICO PARA MAÍZ DE RIEGO EN EL ALTIPLANO DE SAN LUIS POTOSÍ

Miguel Ángel Martínez-Gamiño[1*], Esteban Salvador Osuna-Ceja[2], Erika Nava-Reyna[3] y José Pimentel-López[4]

[1]CIRNE-CE San Luis, INIFAP, [2]CIRNOC-CE Pabellón, INIFAP, [3]CENID RASPA, INIFAP, [4]Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí.
*Autor para correspondencia: martinez.miguelangel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimiento, maíz, manejo.

Introducción

El rendimiento promedio de maíz de riego con las prácticas tradicionales de los productores en el Altiplano de San Luis Potosí es de 3.0 t ha^{-1}. Para los productores, este rendimiento resulta poco atractivo debido a los altos costos de producción, los cuales oscilan alrededor de los $40,000.00 por hectárea. Para hacer rentable esta actividad a un precio de garantía de $5,600.00 la tonelada, se requiere un rendimiento superior a 7.5 t ha^{-1}. En los últimos 12 años, en el Campo Experimental San Luis del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y dentro de un proyecto de investigación de alternativas para mejorar no solo el rendimiento sino la calidad del suelo se ha comparado un paquete tecnológico con una preparación de suelo tradicional con barbecho más uno o dos pasos con rastra. Con este paquete tecnológico, el rendimiento promedio fue de 6.3 t ha^{-1} (Martínez, *et al*., 2019). El material genético empleado durante ese lapso de tiempo fue el XR-45, el cual ya fue superado en rendimiento por los nuevos materiales híbridos de nueva generación, de acuerdo a los resultados reportados por Peña, 2025, en donde se reportan materiales con rendimientos de grano de hasta 20 t ha^{-1}. El objetivo de este estudio fue evaluar un nuevo paquete tecnológico para maíz de riego en el Altiplano de San Luis Potosí y colaborar con tecnología actual para lograr la autosuficiencia de maíz al que el INFAP está comprometido, junto con el sector de Agricultura a nivel nacional.

Materiales y métodos

En 1995 se estableció, en el Campo Experimental San Luis, un experimento con diferentes métodos de labranza, en donde se han evaluado los siguientes tratamientos: 1) Barbecho más rastra (B+R), 2) Rastra (R), 3) Multiarado + rastra (M+R), el cual a partir del 2019 se está trabajando con agricultura de conservación para ver su recuperación (RAC), 4) Labranza de conservación + 0% de cobertura (LC+0%C), 5) Labranza de conservación + 33% de cobertura (LC+33%C), 6) Labranza de conservación +66% de cobertura (LC+66%C) y 7) Labranza de conservación + 100 cobertura (LC+100%C). Los tratamientos están establecidos en campo con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. En el ciclo primavera verano se ha establecido el cultivo de maíz, de 1995 al 2011 con el hibrido H-311, y de 2012 al 2022 el XR-45; en 2024 se empleó el híbrido Espartaco. La densidad de siembra fue de 70,000 plantas por hectárea y se fertilizó con la formula 200(N)-100(P)-00(K)-10(Mg)-48(Fe)-8(B). El control de la maleza que se realizó en los tratamientos de con labranza de conservación (LC) consistió en una aplicación pre emergente con el herbicida glifosinato de amonio más atrazina y otra aplicación post emergente con Tembotrione más atrazina a los 15 y 35 días después de la siembra en todos los tratamientos. En los tratamientos con B+R y R, el control de la maleza se realizó con una escarda a los 30 días después de la siembra El manejo agronómico de riegos y control de plagas fue el mismo para todos los tratamientos. El rendimiento de grano se estimó al tomar dos muestras en seis metros lineales en cada tratamiento y repetición. Los resultados se analizaron con el paquete estadístico de SAS.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se muestra el rendimiento promedio de maíz durante el período de 2012 a 2018, en donde se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos. Se observan dos grupos en cuanto a su rendimiento, por un lado, están los tratamientos con inversión del perfil del suelo con B+R, R y M+R con un rendimiento promedio de 6.51 t ha^{-1} y por otra parte, los tratamientos con agricultura de conservación con un rendimiento promedio de 10.51 t ha^{-1}. El rendimiento de 6.51 t ha^{-1} es aceptable; si se considera que el rendimiento promedio de maíz de riego en el Altiplano de San Luis Potosí es de 3.0 t ha^{-1}, por lo que se está obteniendo y un incremento de más del 100% al aplicar el paquete tecnológico del INIFAP, es decir fertilizar, controlar plagas y dar los riegos necesarios durante el ciclo del cultivo. En este periodo el hibrido

empleado fue el XR-45, el cual en ese período tuvo excelentes rendimientos promedio de 10.51 t ha^{-1} con los tratamientos con LC.

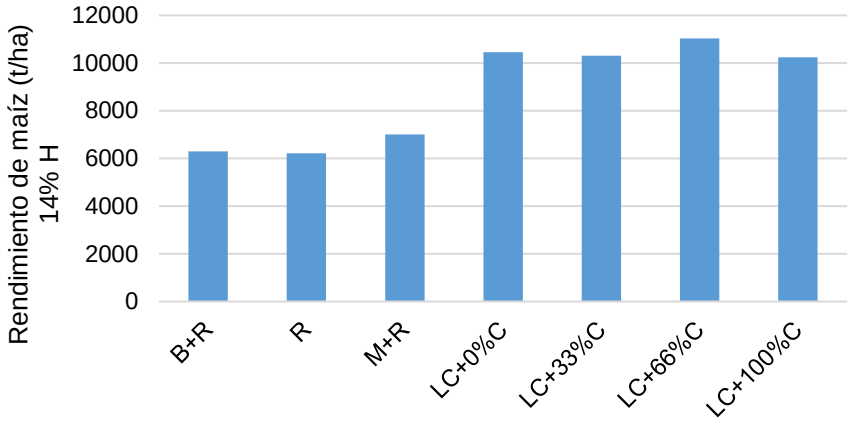


Figura 1. Rendimiento promedio de maíz del 2012 a 2018 en el lote experimental con diferentes métodos de preparación del suelo en el Campo Experimental San Luis.

Para el ciclo primavera-verano de 2024, se empleó el híbrido Espartaco y el rendimiento fue superior al promedio reportado para el XR-45 para todos los tratamientos. En la Figura 2 se presenta el rendimiento obtenido con los tratamientos evaluados, los cuales resultaron con diferencias estadísticas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). No obstante, que con la práctica tradicional de B+R se está deteriorando el suelo, la posibilidad de obtener altos rendimientos superiores a las 10 t ha^{-1} es factible y con ello ayudar a que la siembra de maíz resulte económicamente atractiva para los productores de maíz en el Altiplano Potosino y contribuir a lograr la autosuficiencia alimentaria de maíz a nivel nacional, haciendo énfasis en un nuevo paquete tecnológico que no altera en mucho las costumbres de los productores, sino que involucra utilizar un material genético con un alto potencial de rendimiento, realizar una adecuada fertilización, controlar plagas y malezas de la manera tradicional, y el beneficiario será el productor qué podrá obtener altos rendimientos de maíz, superior a las 10 t ha^{1}, por lo que es posible recomendar un nuevo paquete tecnológico para producto maíz de riego en el Altiplano de San Luis Potosí que sustituya al recomendado hasta la fecha.
Con 10 t ha^{-1} y un costo de producción de $40,000.00 por hectárea es posible obtener una relación beneficio costo de 1.4, lo cual resulta atractivo para los productores.

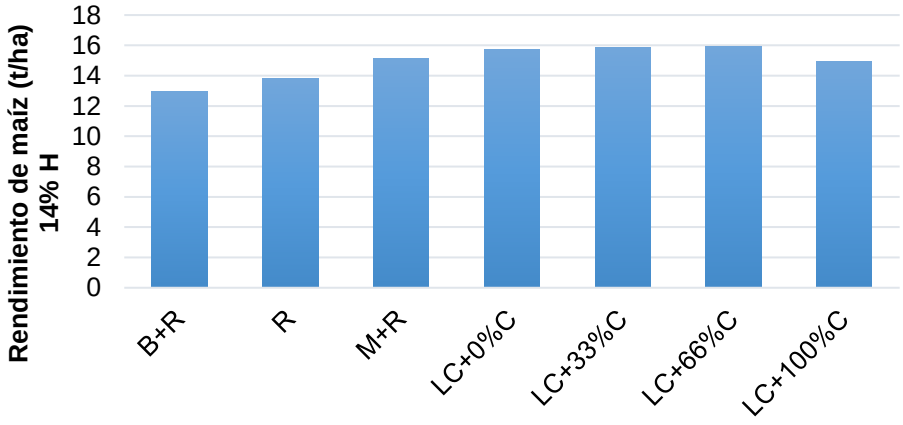


Figura 2. Rendimiento de maíz obtenido con el híbrido Espartaco con diferentes métodos de preparación del suelo en el Campo Experimental San Luis. Ciclo primavera-verano 2024.

Conclusiones

La tecnología empleada en el tratamiento con B+R es posible integrarla como un nuevo paquete tecnológico para producir maíz de riego con altos rendimientos en el Altiplano de San Luis Potosíy que haga rentable la siembra de este cultivo.

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece el financiamiento a la Fundación Produce de San Luis Potosí durante el período de 1996 a 2011. Al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) el financiamiento de este proyecto de 2012 a la fecha. Al INIFAP por sus instalaciones y financiamiento en 1995, 2017 y 2018 y 2021 y 2023.

Referencias bibliográficas

Martínez-Gamiño, M.A., E.S. Osuna-Ceja y M. Espinosa-Ramírez. 2019. Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento de maíz. Rev. Mex. Cienc. Agric. Vol.10, no. 4. 765-778. DOI: https//doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1640

Peña-Ramos, A. y O.I. Santana. 2025. Informe de 2024. Evaluación de híbridos de maíz para grano. Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Aguascalientes, México. 14 p.

ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO EN LA PRODUCCIÓN DE AJO CALERENSE *(Allium sativum* L.*)* EN LA COMARCA LAGUNERA

Cirilo Vázquez-Vazquez[1], Adrián Octavio Lucio Morales[1], Ignacio Orona-Castillo[1], María Gabriela Cervantes-Vázquez[1], Ernesto Consilco-Alberto[1], Tomás Juan Álvaro Cervantes-Vázquez[1]*

[1]Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia.
*autor para correspondencia: alvaro87tomas@hotmail.com

Palabras clave: Mineralización, materia orgánica y nutracéutica.

Introducción

El ajo (Allium sativum) es una planta bulbosa de importancia mundial, reconocida por sus aplicaciones culinarias, culturales y medicinales. Con una historia que abarca más de 5000 años, el ajo ha sido cultivado y venerado en diversas civilizaciones, especialmente en Asia Central y el Mediterráneo, donde ha servido no solo como alimento básico, sino también como símbolo de salud y protección. El ajo es valorado por sus compuestos bioactivos, en particular la alicina, que ha demostrado tener propiedades inmunoestimulantes, antioxidantes y antiinflamatorias (Azzini *et al*., 2014). En la actualidad, se ha observado la adaptabilidad del ajo como cultivo, prosperando en suelos pobres y condiciones áridas, lo que refuerza su importancia para la seguridad alimentaria, especialmente en regiones vulnerables a los impactos del cambio climático. Aunado a esto se ha comprobado que el uso de abonos orgánicos mejora las características fisicoquímicas de los suelos, como lo es el estiércol bovino pudiendo ser una fuente nutrimental factible para los sistemas productivos agrícolas. Por esta razón el objetivo de la investigación fue comprobar el efecto de las dosis de estiércol bovino solarizado en el rendimiento y compuestos bioactivos en el ajo, así como evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el suelo sobre las características fisicoquímicas en la Comarca Lagunera.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2022, en el área experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) localizada en el municipio de Gómez Palacio (25° 78’ N, 103° 34’ E), perteneciente a la comarca lagunera de Durango, México. El sitio está a 1110 m de altitud y se caracteriza por precipitaciones medias anuales de 248.4 mm con temperaturas medias de 22.1 ºC.

Los tratamientos considerados fueron cuatro, tres dosis de fertilización (40, 60 y 80 t ha^{-1} de estiércol bovino solarizado y una fertilización química (250-100-00: N-P_2O_5-K). La variedad utilizada fue Calerense, recomendado por obtenerse bulbos de mayor tamaño y de forma redonda uniforme. El diseñó del experimento fue bloques al azar con arreglo en franjas, con tres repeticiones. Se obtuvieron 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental consto de camas de 0.85×5 m, con espacios entre camas de 1 m. La fertilización química (FQ) fue realizada con Urea (46-0-0) y MAP (11-52-0), la fertilización se aplicó en dos partes iguales (seis días después del trasplante, floración). Para el riego se consideró una evapotranspiración media del 80% (tanque evaporímetro tipo A) y se utilizó cintilla con espacio entre gotero de 30 cm dos veces por semana. La cosecha se realizó de forma manual cuando las hojas presentaban amarillamiento.

Se evaluaron parámetros del suelo al inicio y al final del experimento a la profundidad de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm con base a la NOM-021- RECNAT, como el pH (1:2 p/v), conductividad eléctrica, materia orgánica, nitratos-amonio y fósforo. Los valores iniciales encontrados correspondieron a suelos arcillosos, con contenido medio de MO (3.1%) y ligeramente alcalinos (pH = 7.5; CE = 3.4).

Cinco bulbos se seleccionaron al azar por tratamiento y se lavaron con agua corriente del grifo para eliminar impurezas. Las variables evaluadas fueron: rendimiento (t ha^{-1}), Se pesaron mediante una báscula digital y se registró el peso fresco del bulbo (cabeza) de ajo (g). Se liofilizaron 3 dientes de ajo de cada bulbo y posteriormente se seleccionó 1 g de tejido vegetal obtenido de la liofilización y se pulverizo manualmente con mortero. Los extractos se obtuvieron de acuerdo a Salas-Pérez *et al.,* 2023. La determinación de compuestos fenólicos totales se realizó por espectrofotometría, Lillo *et al.* (2016). El contenido de fenólicos se expresó en mg AG g^{-1} de PF (mg equivalentes de ácido gálico por gramo de peso fresco). Los flavonoides se cuantificaron mediante un análisis espectrofotométrico, según lo descrito por Lillo *et al*. (2016) con algunas modificaciones. El contenido de flavonoides se expresa en mg Quercetina g^{-1} de PF (mg equivalentes de quercetina por gramo de peso fresco), realizándose cada análisis por triplicado.

Los datos se analizaron por análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS, utilizando la prueba de Tukey (P ≤ 0.05) para la comparación de medias.

Resultados y discusiónes

Al finalizar el experimento se tomó una muestra de suelo por cada unidad experimental (Cuadro 1) a la profundidad de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm. El pH no muestra diferencias significativas. La mayor concentración de MO (3%) se encontró en la profundidad de 30 cm, con la fertilización de 80 t ha^{-1} siendo estadísticamente similar 60 t ha^{-1}, siendo 15% superior al tratamiento químico y al de 40 t ha^{-1}. Los tratamientos con estiércol (80 y 60 t ha^{-1}) en la profundidad de 0-15 cm de suelo, incrementaron hasta un 12% la CE en comparación con el tratamiento químico y al de 40 t ha^{-1}. La CE eléctrica esa relacionada al contenido de sales solubles (aniones y cationes) en el suelo. La descomposición de la materia orgánica contenida en el estiércol puede enriquecer el suelo con nutrientes en forma de sales solubles que las plantas pueden absorber. No obstante, se debe controlar este proceso porque el aumento de ciertos elementos, como el sodio, puede causar toxicidad vegetal.

Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo a dos profundidades al finalizar el experimento.

Tratamientos	MO_1	MO_2	CE_1	CE_2	pH_1	pH_2
	---------- % --------		------- dS m^{-1}----------			
FQ	2.45 b	2.56 a	3.54 b	2.81 a	7.57 a	7.19 a
E40	2.53 b	2.52 a	3.62 b	2.89 a	7.71 a	7.58 a
E60	2.90 a	2.61 a	3.97 a	3.15 a	7.62 a	7.61 a
E80	3.00 a	2.80 a	3.82 a	3.19 a	7.79 a	7.69 a

FQ = Fertilización química; E40= 40 t ha^{-1} de estiércol bovino; E60 = 60 t ha^{-1} de estiércol bovino; E80 = 80 t ha^{-1} de estiércol bovino; MO= materia orgánica; CE = conductividad eléctrica y pH = potencial de hidrógeno; subíndice 1= 0-30 cm; subíndice 2= 30-60 cm.; Dentro de columnas, medias con diferentes letras son estadísticamente significativas (Tukey *P* ≤ 0.05).

Al utilizar estiércol solarizado en la cantidad de 80 t ha^{-1} y compararlo con el rendimiento obtenido con la FQ no se encontró diferencias significativas (Cuadro 2). Las propiedades antioxidantes del ajo se han atribuido, en parte, a la presencia de compuestos fenólicos, incluyendo flavonoides, miricetina, apigenina (Azzini *et al*., 2014). El tratamiento con 80 t ha^{-1} de estiércol bovino, registró la mayor concentración de flavonoides (0.022 mg 100 g^{-1} de peso fresco) siendo 1.5 veces superior a la fertilización química. Por otra parte, los tratamientos con 40 y 60 t ha^{-1} son estadísticamente similares, pero son superiores a la fertilización química en un 51%. Turfan *et al*. (2022), encontraron que la aplicación con abonos orgánicos incrementa el contenido de flavonoides en ajo. La mayor concentración de compuestos fenólicos se encontró para la dosis de 80 t ha^{-1} (0.1003 mg 100 g-1 de peso fresco) y 60 t ha^{-1} de estiércol bovino solarizado (0.087 mg 100 g-1 de peso fresco), pero son superiores a la fertilización química en un 60%. En este experimento se demostró que el ajo cultivado con fertilizantes orgánicos exhibe niveles más altos de antioxidantes, lo que refuerza la conexión entre las prácticas agrícolas sustentables y una mejor calidad nutricional con la dosis de 80 60 t ha^{-1} de estiércol bovino solarizado.

Cuadro 2. Efecto de la fertilización con estiércol bovino solarizado en el rendimiento, contenido de fenoles y flavonoides de ajo Calerense en la Comarca Lagunera.

Tratamientos	Rendimiento t ha^{-1}	Fenoles mg AG g^{-1} de PF	Flavonoides mg Quercetina g^{-1} de PF
FQ	4.1 a	0.008 c	0.038 c
E40	3.97 a	0.012 bc	0.058 b
E60	3.94 a	0.013 b	0.087 a
E80	3.56 a	0.022 a	0.100 a

FQ = Fertilización química; E40= 40 t ha^{-1} de estiércol bovino; E60 = 60 t ha^{-1} de estiércol bovino; E80 = 80 t ha^{-1} de estiércol bovino; MO= materia orgánica; CE = conductividad eléctrica y pH =

Conclusiones

Las dosis de estiércol no mostraron diferencias significativas con la fertilización química, por lo que se demostró que la suficiencia nutrimental fue satisfecha. Sin embargo, la mayor capacidad antioxidante se encontró con la dosis de 80 t ha^{-1} siendo superior en un 50% para fenoles y flavonoides en comparación con la fertilización química. Las características físico-químicas de suelo mejoraron con la aplicación 80 y 60 t ha^{-1}, siendo superiores a la dosis de 40 t ha^{-1} y fertilización química, incrementando hasta en un 15% la MO y no mostraron un incremento máximo de 3.82 en la conductividad eléctrica con la dosis más alta de 80 t ha^{-1}, lo cual es una variable importante a monitorias por el aporte de sales por el estiércol bovino.

Referencias bibliográficas

Azzini, E., Durazzo, A., Foddai, M. S., Temperini, O., Venneria, E., Valentini, S., & Maiani, G. (2014). phytochemicals content in ıtalian garlic bulb (Allium sativum L.) varieties. Journal of Food Research, 3(4), 26-32.

Turfan, N. (2021). Effect of Different Organic Manures Application on the Bioactive Compound and Yield of Taşköprü Garlic (Allium sativum L.) under 50% Drought. Uluslararası Tarım Ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 7(2), 264-275. https://doi.org/10.24180/ijaws.872632.

Salas-Pérez, Lilia, Moncayo-Lujan, María del Rosario, Borroel-García, Victoria Jared, Guzmán-Silos, Tania Lizzeth, & Ramírez-Aragón, Mercedes Georgina. (2022). Composición fitoquímica y actividad antioxidante en tres variedades de albahaca por efecto de distintos solventes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *13*(spe28), 113-123. Epub 13 de enero de 2023.

Lillo, A, Carvajal-Caiconte, F, Nuñez, D, Balboa, N, & Alvear Zamora, M. (2016). Cuantificación espectrofotométrica de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en distintos berries nativos del Cono Sur de América. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, *42*(2), 168-174.

CARACTERIZACIÓN EDÁFICA EN LA TRANSICIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ A CULTIVO INTENSIVO DE AGAVE

Michell Deyanira Cruz-Santiago[1], Lidia Velasco-Velasco[2*], Patsy Jaqueline Almazán-Castañeda[3], Luis Antonio Flores-Hernández[2], Marco Antonio Sánchez-De Jesús[3]

[1]Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Iguala, Estado de Guerrero, [3]Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.
*Autor para correspondencia: velasco.lidia@inifap.gob.mx

Palabras claves: Degradación, mezcal, nutrimentos.

Introducción

Los estudios que analizan los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo constituyen hoy en día un eje central en la investigación ambiental, debido al gran impacto del ecosistema causados por efectos antropogénico. En México, se estima que el 29 a 97 % de las tierras tienen algún grado de erosión hídrica, lo que subraya la vulnerabilidad de sus suelos y la necesidad de prácticas de manejo sostenible (Flores-López *et al.,* 2013). La creciente demanda de recursos naturales, impulsada por el auge de esta actividad económica, ha agravado esta problemática. En este sentido, en los últimos diez años, la producción de Agave ha presentado incremento, lo que ha generado una gran presión sobre los recursos naturales en la materia prima. Gran parte de los especímenes de Agave se obtienen en estado silvestre mediante prácticas de saqueo ilegal, llevando consigo grandes retos en la producción por su incremento en la demanda, además del impacto negativo para el ecosistema (González *et al*., 2024).

Uno de los efectos ambientales principales del cultivo del agave es el incremento sustancial del uso de pesticidas, por ser un monocultivo, la planta es más vulnerable a enfermedades y plagas y esto obliga a los agricultores a emplearlos desmesuradamente, la aplicación de fertilizantes químicos en cantidades excesivas y por periodos de tiempo largos si puede modificar el pH (Quezada Chico *et al.,* 2022).

En este sentido, la Sierra Sur del Estado de Oaxaca se caracteriza por su reciente expansión en el establecimiento de plantaciones de agaves caracterizados como silvestres y que se emplean para fines de aprovechamiento en obtención bebidas destiladas. Las condiciones áridas o semiáridas, suelos bajos en contenido de materia orgánica y con baja disponibilidad de nutrientes, déficit hídrico, incentivan a la supervivencia de estas especies de agaves en condiciones de campo (Ríos-Ramírez *et al.,* 2021). Comprender la dinámica de estos cambios en el uso del suelo y sus implicaciones ecológicas en regiones como la Sierra Sur de Oaxaca es crucial para desarrollar estrategias de manejo más sostenibles que equilibren la producción económica con la conservación ambiental de un cultivo que está demandando grandes superficies de establecimientos. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del establecimiento cultivo de agave en la fertilidad física y química de suelos agrícolas de Sola de Vega, Oaxaca.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la parcela que se encuentra en la localidad San Francisco; el primer muestreo se efectuó en el 2019, el último año que se estableció cultivo de maíz nativo; con la finalidad de diagnosticar el estado de fertilidad del suelo y posteriormente establecer el cultivo de agave. El manejo que implicó en el cambio de cultivo fue el nulo movimiento del suelo, eliminación e incorporación de malezas de manera manual y el cambio de uso de herbicidas del tipo sistémico al de contacto únicamente cuando fuese necesario. Por otro lado, el establecimiento de agave se realizó en curvas de nivel, orientado al único objetivo de retención de suelos.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar, se tomaron tres muestras compuestas, conformadas por 10 submuestras cada uno, muestreados a 40 cm de profundidad en cada parcela. El segundo muestreo se realizó en el año 2024 repitiendo el mismo procedimiento descrito.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo, para la determinación de propiedades físicas y química del suelo. Realizado mediante la metodología descrita en la NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

El análisis de datos fue con el programa estadístico R-Studio, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey (P≤ 0.05), así como pruebas de distribución normal (Shapiro-Wilk), independencia de datos y de homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett).

Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1) en la fertilidad química. Los cambios más evidentes fue el contenido de materia orgánica con aumento del 0.2% y nutrimentos como el nitrógeno, fosforo y calcio que también presentaron incrementos considerables, esto debido al nulo movimiento del suelo y aumento del contenido de materia orgánica.

En los parámetros físicos, no se encontraron diferencias significativas estadísticamente, sin embargo, a este periodo de tiempo evaluado, se encontró una disminución en su valor inicial, lo que permite inferir que el incremento de materia orgánica permite mejorar propiedades como la densidad, mientras que la textura del suelo se ha mantenido sin interferencia alguna. Desde una perspectiva productiva, la disminución de la densidad refleja mejoramiento del suelo y disminución de la compactación del suelo y por ende impactando en el desarrollo radical del cultivo.

El establecimiento de agave en curvas de nivel y el mantenimiento de la cobertura del suelo favoreció su mantenimiento y disminuyó su pérdida, así como la eliminación del uso de herbicidas de tipo sistémico al herbicida de contacto. Este efecto fue similar en el caso evaluado por González *et al*. (2024), en diferentes prácticas sustentables implementadas y conservación de suelo en la producción de *Agave tequilana* Weber, disminuyeron hasta el 70 % de la perdida de suelo, lo que permitió aumentar el contenido de materia orgánica a través de la acumulación de restos de cosechas y coberturas del suelo. En este sentido, la materia orgánica es un componente fundamental del suelo que contribuye al mantenimiento de la fertilidad y de su productividad, además, presenta influencias en propiedades como la estructura, mejora la porosidad del suelo, infiltración, capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica y el cambio de uso y manejo del suelo modifica el contenido de materia orgánica (Zúñiga *et al.,* 2014).

Cuadro 1. Fertilidad física y fertilidad química de suelo cultivado con maíz nativo y agave.

Parámetros	Cultivo maíz	*Agave angustifolia*
Densidad Aparente (t m^{-3})	1.32 a	1.28 a
Textura	Franco arcilloso	Franco Arcilloso
pH	5.30 a	5. 28 a
Conductividad Eléctrica (dS $m^{-1)}$	0.03 b	0.05 a
Materia Orgánica (%)	1.81 b	2.01 a
Carbono Orgánico (%)	3.11 b	3.45 a
Nitrógeno Inorgánico (mg Kg^{-1})	14.50 b	21.04 a
Fósforo (mg Kg^{-1})	5.22b a	5.60 a
Potasio (mg Kg^{-1})	129.90 a	120 a
Calcio (mg Kg^{-1})	1133.18 b	3545 a
Magnesio (mg Kg^{-1})	207.80 b	301.69 a

Valores con la misma letra en fila no son estadísticamente diferentes. (Diferencia mínima significativa, α ≤ 0.05).

Conclusiones

El cambio de uso de suelo para esta unidad de estudio, presentaron cambios significativos en parámetros de fertilidad física y química como contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio. El establecimiento de agaves en curvas de nivel y la eliminación del uso de herbicidas sistémicos permitió la conservación del suelo y de esta manera el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Referencias bibliográficas

Flores-López, H. E., de la Mora-Orozco, C., Ruíz-Corral, J. A., & Chávez-Durán, Á. A. (2013). Efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosión hídrica. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, XII(1), 19–25. https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2012.06.015

Quezada Chico, G., Vargas Inclán, M., & Loza Ramírez, L. (2022). Efecto de la siembra del cultivo de agave tequilana con relación a las propiedades del suelo en inmediaciones de la cabecera municipal de Cuquío, Jalisco. Revista Estudios de La Ciénega, 04.

Ríos-Ramírez, S. Del C., Enríquez-del Valle, J. R., Rodríguez-Ortiz, G., Ruíz-Luna, J. & Velasco-Velasco, V. A. (2021). El crecimiento de Agave angustifolia Haw. Con relación a la condición nutrimental. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(5), 865-873. Epub 14 de marzo de 2022.https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2638

Gonzalez, R. D. G., Villa, O. R. M., López, J. L. O., Romero, J. G. T., Almendra, M. P. R., García, O. A. B., & Vargas, O. H. (2024). Prácticas sustentables, alternativas para la conservación del suelo en Agave tequilana Weber. Nova scientia, 16(32), 5.

Zúñiga, F., Dec, D., Valle, S., Dorner, J. y MacDonald, R. (2014). Estabilidad estructural de un Andisol (Typic Durudand) bajo bosque nativo y pradera en el Sur de Chile. Agro Sur 42(3), 55-66.http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/4113/5164

DESARROLLO DE CARDO MARIANO (*Silybum marianum* L.) EN TRES CONCENTRACIONES DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Octavio Alberto Reyes-Espinosa[1]*, Ebandro Uscanga-Mortera[1], Carlos Trejo- López[1], Marcos Soto-Hernández[1], Carlos Ramírez-Ayala[1], Ana María Castillo-González[2], Antonio Garcia-Esteva[1],

[1]Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados; [2]Universidad Autónoma Chapingo.
*Autor para correspondencia: reyes.octavio@colpos.mx

Introducción

El cardo mariano, originario de la región del Mediterráneo, se ha naturalizado en múltiples regiones del mundo gracias a su alta adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y edáficas. En México, su presencia se ha documentado en entidades como Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nuevo León, así como en el Estado y la Ciudad de México. Es una planta medicinal ampliamente reconocida por los compuestos hepatoprotectores, en sus semillas (Gillessen *et al.,* 2020).

El creciente interés en las propiedades medicinales de *Silybum marianum* ha impulsado el desarrollo de estrategias agronómicas dirigidas a optimizar tanto la producción de biomasa como la acumulación de metabolitos secundarios. Entre las técnicas más prometedoras se encuentra el cultivo hidropónico, el cual ofrece un control preciso sobre la disponibilidad de nutrimentos, favoreciendo no solo el desarrollo de la planta, sino también la síntesis de sustancias asociadas a efectos benéficos para la salud, como es el caso de la silimarina y otros compuestos relacionados.

Estudios en plantas medicinales han demostrado que la restricción nutrimental, por ejemplo, una baja fertilización nitrogenada, puede inducir un incremento notable en la acumulación de compuestos fenólicos y flavonoides en los tejidos vegetales. No obstante, un suministro abundante de nitrógeno suele promover un mayor crecimiento vegetativo y productivo, aun cuando podría diluir o reducir la concentración de ciertos metabolitos secundarios. En el caso del cardo mariano, se ha observado que diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner afectan el desarrollo de la planta y su rendimiento.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres concentraciones de la solución nutritiva de Steiner (20, 60 y 100 %) en el desarrollo de cardo mariano, así como establecer la influencia de los tratamientos en el rendimiento de semillas por planta.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, dentro de un invernadero tipo túnel con ventilación cenital y lateral. El ciclo del cultivo inicio en octubre de 2024 y concluyó en abril de 2025.

Las plántulas se obtuvieron a partir de semillas comerciales (Canasta integral MX®), germinadas en almácigos con turba como sustrato. El trasplante se realizó al observar el segundo par de hojas verdaderas expuestas, en bolsas de polietileno de 40 cm de altura, que contuvieron 15 kg de tezontle rojo con granulometría menor o igual a 2 mm.

Los tratamientos consistieron en tres concentraciones de solución nutritiva (100, 60 y 20 %), preparadas a partir de la fórmula general de Steiner (Cuadro1). El sistema de riego por goteo automatizado se empleó para la aplicación de los tratamientos, la cual inició 30 días después del trasplante; durante el periodo previo, se irrigó uniformemente con la solución al 100 %.

Cuadro 1. Concentración de fertilizantes (g L^{-1}) para los tratamientos al 100 (T1), 60 (T2) y 20 % (T3) obtenidos a partir de la formula general de Steiner.

Fertilizante (g L^{-1})	**T1**	**T2**	**T3**
$Ca(NO_3)_2$ $4H_2O$	1.078	0.647	0.216
KNO_3	0.304	0.182	0.061
K_2SO_4	0.262	0.157	0.052
$MgSO_4$ $7H_2O$	0.495	0.297	0.099
KH_2PO_4	0.137	0.082	0.027
Micros	0.040	0.024	0.008

*Se refiere a micro nutrimentos quelatados con EDTA.

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de 24 plantas. Se realizaron cinco muestreos, en cada uno se tomaron 4 plantas por tratamiento en cada bloque. Los dos primeros fueron en la etapa vegetativa, los siguientes dos en la floración y el último, cuando ya había formación de semillas. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo, peso fresco y seco del vástago número de hojas, número de inflorescencias y número total se semillas por planta. Los datos se sometieron a análisis de varianza y en caso de existir diferencias significativas se procedió a pruebas post hoc de comparación múltiple de medias con $\alpha = 0.05$.

Resultados y discusión

El primer muestreo se realizó a los 30 días, coincidiendo con el inicio de la aplicación de los tratamientos, y tuvo como objetivo establecer un punto de partida. Como era de esperarse, no se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos ya que aún no se manifestaban efectos atribuibles a la nutrición aplicada.

A los 40 días después del inicio de los tratamientos (muestreo 2) ya se observarón diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$) las cuales son más evidentes en el tercer muestreo. En particular, los tratamientos con 60 y 100 % de solución Steiner mostrarón un mayor peso seco de vástago y un mayor número de hojas en comparación con el tratamiento al 20 % (Figura 1, A y B). Esto podría atribuirse a una mayor disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes claves en la síntesis de proteínas estructurales, la elongación celular y la producción de adenosin trifosfato (ATP) (Van der Pas y Arnoult, 2021).

El tercer muestreo se realizó al inicio de la fase reproductiva. El tratamiento 1 alcanzó esta etapa a los 95 días, mientras que los tratamientos 2 y 3 lo hicieron a los 85 y 80 días, respectivamente. Esta diferencia sugiere que una mayor disponibilidad de nutrientes, especialmente nitrógeno, pudo haber prolongado la fase vegetativa en T1, retrasando la floración al promover el crecimiento vegetativo. En contraste, T2 y T3 presentaron una floración más temprana, posiblemente como una respuesta adaptativa al estrés nutricional, mediante la activación de rutas asociadas a senescencia y floración temprana.

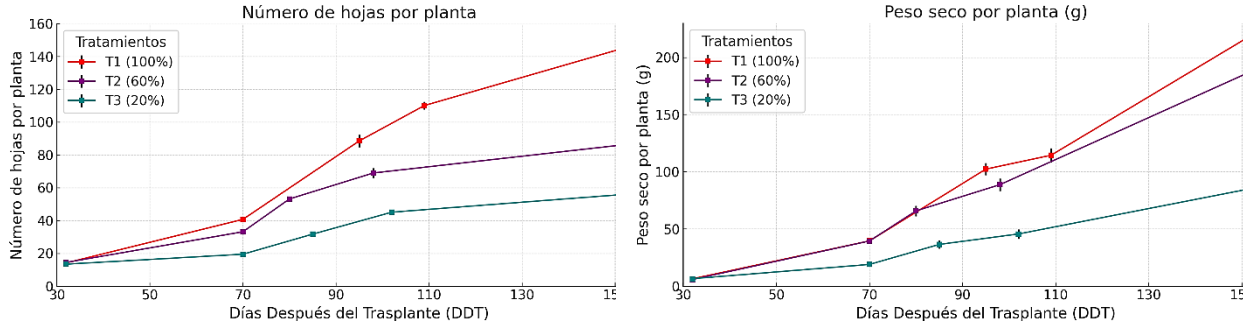


Figura 1. A) Dinámica del peso seco por planta (g) y B) número de hojas por planta en cardo mariano cultivado con tres concentraciones de solución nutritiva Steiner: 100 % (T1), 60 % (T2) y 20 % (T3). Cada punto representa la media ± error estándar (e.e.) correspondiente a un muestreo, con *n* = 16 plantas.

En el cuarto muestreo (Cuadro 2), el tratamiento 1 destacó por presentar una mayor biomasa, grosor del tallo, número de hojas y de inflorescencias, mientras que el tratamiento al 3 mostró reducciones severas en todas estas variables ($P<0.05$). En el quinto muestreo (Cuadro 2), aunque el tratamiento 3 presentó la mayor altura, este crecimiento no se tradujo en productividad, ya que fue acompañado por bajos valores en biomasa y numero de inflorescencias. Por el contrario, el tratamiento 2 logró combinar un crecimiento vegetativo sólido con una alta producción de inflorescencias, superando incluso el tratamiento 1. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) en el número total de semillas por planta en estos dos tratamientos, lo que sugiere un mejor equilibrio fisiológico con una nutrición moderada.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a lo largo del ciclo de cultivo de *Silybum marianum* muestran que la concentración de nutrimentos tiene un efecto determinante en el crecimiento y desarrollo reproductivo de la planta. Aunque el tratamiento con 100% de solución nutritiva favoreció la acumulación de biomasa en etapas tempranas, fue el tratamiento al 60% el que logró un mejor equilibrio entre crecimiento vegetativo y producción floral, superando incluso al tratamiento con 100% en número de inflorescencias al final del ciclo. En contraste, el

tratamiento al 20% comprometió significativamente el desarrollo de la planta, especialmente en términos de floración. Por tanto, una nutrición moderada (60%) representa la opción más eficiente para optimizar el rendimiento agronómico de *S. marianum* bajo condiciones controladas.

Cuadro 2. Respuesta de *Silybum marianum* a tres niveles de nutrición en los muestreos 4° y 5°.

Variable	Muestreo 4			Muestreo 5		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Altura de planta	99.1 b[Z]	109.2 a	107.6 a	109.68 b	114.93 b	122.37 a
Peso seco	114.56 a	88.81 b	45.75 c	216.93 a	186.06 b	84.68 c
Diámetro del tallo	20.1 a	15.89 b	13.02 c	21.61 a	15.40 b	12.24 c
Número de hojas	110.18 a	69.06 b	45.18 c	144.5 a	86.0 b	55.81 c
Número de Inflorescencias	9.31 a	8.87 a	3.81 b	36.37 b	41.12 a	11.12 c
Total de semillas por planta				2021.5 a	1956.98 a	510.39 b

[Z] Medias de las variables con la misma letra son estadísticamente iguales, Tukey α = 0.05.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradezco al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo por la oportunidad de llevar a cabo esta investigación al igual que al Posgrado en Botánica y todos sus integrantes, así como a los asesores que han brindado su apoyo y conocimiento para la realización de este proyecto.

Por el financiamiento dado agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación.

Referencias bibliográficas

Alcántar-González, G., Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F. C. (Eds.). (2016). Nutrición de cultivos (2ª ed., p. 336). Colegio de Postgraduados.

Gillessen, A., & Schmidt, H. H. J. (2020). Silymarin as supportive treatment in liver diseases: A narrative review. Advances in Therapy, 37(4), 1279-1301.

Van der Pas, H. M., & Arnoult, C. (2021). Yield and silymarin content in milk thistle (Silybum marianum) fruits affected by the nitrogen fertilizers. Agronomy, 12(1), 105.

DOSIS ÓPTIMA DE FERTILIZACIÓN DEL NOGAL PECANERO [*Carya illinoinensis* (WANGENH.) K. KOCH] EN LA REGIÓN CENTRO-SUR DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Francisco López-Bejarano[1], Omar Castor Ponce-García[2*], Leslie Carnero-Avilés[2], Cristo Omar Puente-Valenzuela[3], Donaji Sierra-Zurita[4], Alejandro Palacio-Márquez[1]

Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales[1], Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Delicias[2]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA[3]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Valle del Guadiana[4].
*Autor para correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fertilización, dosis, nogal pecanero.

Introducción

El nogal pecanero [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch] es un frutal de gran importancia a nivel mundial, con una superficie aproximada de 166,839.64 hectáreas (ha) sembradas establecidas en todo México, y siendo Chihuahua quien ocupa el primer puesto con 104,088.2 ha sembradas (SIAP, 2023).
Uno de los factores que limitan la producción y calidad de la nuez es la nutrición del cultivo y las reservas que se tienen de NPK son limitadas o no están disponibles para satisfacer las necesidades del cultivo por lo cual la fertilización de estos nutrientes es indispensable, en el caso del nogal los costos totales de producción giran en torno al 42.5 % destinados a la fertilización del cultivo, por lo cual es necesario establecer estrategias eficientes con respecto al tiempo de aplicación y cantidad suministrada de los mismos (Diaz, 2025). El objetivo del presente trabajo de investigación es evaluar distintas dosis de fertilización edáfica NPK, para aumentar el rendimiento, así como su calidad.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en una huerta Nogalera en la comunidad de Nuevo San Lucas, municipio de Meoqui, Chihuahua. Se trabajó con árboles de variedad “Western Schley” con una edad de 45 años y una distribución de tipo marco real a una distancia de 12 metros entre árboles. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar empleando tres tratamientos siendo testigo (T1) 123-126-6, dosis media (T2) 148-98-54 y dosis alta (T3) 200-119-96, compuestos por seis repeticiones. Las variables evaluadas fueron rendimiento, calibre, porcentaje de humedad y calidad.
Las fechas de aplicación fueron divididas durante tres etapas con alto requerimiento nutrimental como lo es brotación, amarre y llenado de fruto, además la huerta llevo un manejo tradicional por parte del productor complementando con siete dosis foliares de zinc a una concentración de 0.4 % de nitrato de zinc.
El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) así como una prueba de separación de medias con el método LSD Fisher, con un intervalo de confianza del 95 % mediante el software estadístico SAS versión 9.

Resultados y discusión

Rendimiento, calibre y humedad del fruto. La Figura 1 muestra los resultados de rendimiento, calibre y humedad del fruto. Para la variable de rendimiento se observó diferencia significativa en el tratamiento 3, con incremento del 65.15 % con respecto al tratamiento 1 manejado como testigo, cabe resaltar que el rendimiento promedio nacional es de 1.4 ton•ha^{-1}. Por lo que se puede inferir una relación entre las dosis suministradas y el incremento del rendimiento.
Por otro lado, se identificó un aumento en el ancho ecuatorial del fruto siendo el tratamiento 3 quien expresa un crecimiento del 3.27 % con respecto al tratamiento 2, reflejando un mayor peso al igual que un factible incremento en el porcentaje de almendra.
En el caso del porcentaje de humedad se mostró un decremento del 27.42 % en el tratamiento 3 sobre el testigo, indicando una cosecha más temprana frente a los demás tratamientos, teniendo una ventaja comercial competitiva en rendimiento y en tiempo.
Según Madero *et al*. (2017), aplicar entre 160 y 200 kg N•ha^{-1} en 100 árboles por hectárea satisface la demanda productiva, retrasando la senescencia e incrementando la relación entre raíz y follaje. Esto aumenta la producción de fotoasimilados, dirigidos al llenado del fruto según la etapa del cultivo. La incorporación de fósforo y potasio resulta esencial, al facilitar el transporte de azúcares, lo que impacta el

crecimiento del fruto y el llenado de la almendra; por ello, se recomienda aplicar entre 80 y 100 kg P y K por ha respectivamente, por tonelada de cosecha esperada. Además, dado que el fruto cae con un 15 % de humedad, es necesario reducirla al 5 % para lograr un almacenamiento adecuado y evitar el ataque de plagas, hongos y enfermedades.

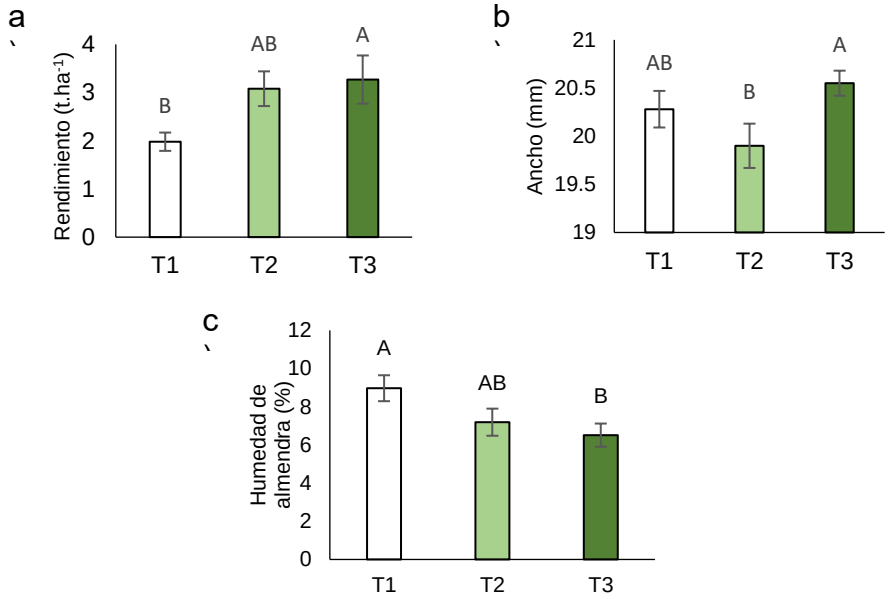


Figura 1. a) Rendimiento por hectárea en toneladas, b) ancho ecuatorial del fruto en milímetros y c) porcentaje de humedad de almendra de nogal pecanero en la ciudad de Delicias, Chihuahua. Letras diferentes indican diferencias significativas LSD ($p<0.05$). Las barras verticales indican error estándar.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación en contraste con el trabajo previo de Madero *et al*. (2017), se puede inferir que a una dosis de fertilización alta como lo es el tratamiento 3 tiene efectos positivos en las variables antes mencionadas, siendo una alternativa competitiva.

Calidad

Un factor indispensable para la comercialización de nuez pecana es la calidad, dicho parámetro es el peso del fruto con cascara y el peso sin ella, obteniendo así el porcentaje de almendra que es el responsable de aumentar el valor comercial del producto, en el trabajo presentado no se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos, teniendo ligeros incrementos en la calidad del 6.91 % en el tratamiento 2 con respecto al testigo.

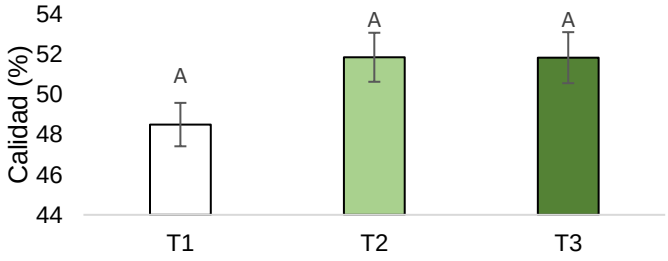


Figura 2. Calidad de nogal pecanero en la ciudad de Delicias, Chihuahua. Letras diferentes indican diferencias significativas LSD ($p<0.05$). Las barras verticales indican error estándar.

Un experimento elaborado por Flores *et al*., (2018), en nogales pecaneros de la variedad “Western Schley” de una edad aproximada de 30 años, obtuvo una producción de 1.94 $t.ha^{-1}$, tras un manejo edáfico de 226 kg de nitrógeno, 121 kg de P_2O_5, 94 kg de K_2O, 3111 kg de composta,1905 kg de hummus de lombriz y 13 kg de micorrizas por ha, obteniendo a su vez una calidad del 59 %, por lo que una dosis de fertilización

alta, más el complemento de enmiendas orgánicas logra satisfacer el mercado actual lo que se traduce en un producto que puede contender en la cuestión de calidad, además de tener la capacidad de mejorar características del suelo.

De esta manera se puede observar una relación con el trabajo elaborado por Flores *et al*. (2018), y los resultados obtenidos por la presente investigación que debido el aumento de la fertilización tiende a incrementar el porcentaje de calidad, por lo que tras la repetición del experimento aunado a una enmienda orgánica se pueda percibir diferencia significativa frente al manejo tradicional.

Conclusiones

La fertilización obtuvo influencia en las variables de rendimiento, ancho, humedad de la almendra, destacando el tratamiento el 3, el cual consiguió aumentar el rendimiento por hectárea con respecto al testigo, además consiguió aumentar el ancho ecuatorial de los frutos, mejorando así la homogeneidad de los mismos, por otra parte obtuvo un decremento en la humedad de la almendra en comparación a la fertilización tradicional lo que favorece a un correcto almacenaje, transporte, y disminución en los riesgos asociados a las plagas, hongos y enfermedades, tras su cosecha. Por otro lado, no se observó diferencia significativa en el porcentaje de almendra (calidad), pero la Figura presentó una tendencia al alza al aumentar la dosis de fertilización.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por los recursos aportados necesarios para realizar la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Flores-Córdova, M. A., Soto-Parra, J. M., Javier-Piña, F., Pérez-Leal, R., & Sánchez-Chávez, E. (2018). Contribución de nutrientes, enmiendas orgánicas y micorrizas, sobre los componentes de rendimiento en nogal pecanero *(Carya ilinoinensis*). Cultivos Tropicales, 39(1), 35-42.

Madero, E. R., Trabichet, F. C., Pepé, F., & Wright, E. R. (2017). Manual de manejo del huerto de nogal pecán. Ediciones INTA, 38-44.

Diaz-Aguirre J. (2025). Sistema de costos agrícolas Resumen de costos Chihuahua. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Portal FIRA - Perennes 2025

SIAP. (2023). Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. Disponible en https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola consultado el 20 mayo 2024.

AISLADOS BACTERIANOS Y HONGOS MICORRÍZICOS, COMO ALTERNATIVAS AL USO DE FERTILIZANTES EN JITOMATE (*Solanum lycopersicum*)

Adilene Velázquez-Medina[1], Ana Aurora Melo Fierros[2], Alfredo Reyes-Tena[1], Luis López Pérez[1]*
[1]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

[2]Programa de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
*Autor para correspondencia: luis.lopez.perez@umich.mx

Palabras clave: Solubilización, consorcio micorrízico, crecimiento vegetal.

Introducción

El sistema tradicional de producción del jitomate (*Solanum lycopersicum*), generalmente requiere de altas dosis de fertilización química para mantener una buena nutrición y obtener altos rendimientos. Sin embargo, el uso excesivo de agroquímicos a ocasionado perdida de la fertilidad de los suelos, de materia orgánica y una disminución de las poblaciones de microorganismos benéficos de las plantas (Etesami *et al.,* 2021); lo cual ocasiona una degradación progresiva del suelo hasta el punto de hacerlos improductivos. Ante esta panorámica, es indispensable generar biotecnologías que regeneren a los suelos y además, compitan con los rendimientos que se alcanzan con los métodos tradicionales de fertilización. Una alternativa que en los últimos años ha tratado de disminuir el uso de fertilizantes convencionales, es mediante el uso bacterias benéficas como las solubilizadoras de fósforo (BSF) y los hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA). Estos microorganismos rizosféricos han demostrado que proporcionan beneficios a las plantas mediante diferentes mecanismos, algunas bacterias pueden solubilizar fosfatos insolubles del suelo a formas solubles a través de la producción de ácidos orgánicos o enzimas fosfatasas; por otro lado, los HMA, mejoran la absorción de agua y nutrientes (principalmente fósforo), además de activar mecanismos de defensa contra factores bióticos y abióticos (Padrón-Rodríguez *et al.,* 2020; Mora-Quilismal *et al.,* 2021). Por lo que este trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto de aislados bacterianos con capacidad de solubilización de fósforo y un consorcio nativo de micorriza arbuscular, en el crecimiento de plántulas de jitomate.

Materiales y métodos

Se utilizaron semillas de jitomate (cv. Saladette), las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5% por 5 min, después se enjuagaron 5 veces con agua esterilizada; luego se sumergieron en alcohol al 70 % por 5 min y finalmente se lavaron 5 veces con agua esterilizada. Los aislados bacterianos con capacidad de solubilización de fósforo (aisladas de suelo rizosférico de huertas de aguacate), se reactivaron y propagaron en agar nutritivo (peptona de caseína 5 gL^{-1}; extracto de levadura 3 gL^{-1}; Tecto®60 como antifúngico y agua destilada) a pH 6.8, y se incubaron a 30°C, durante 36 h. El consorcio de HMA utilizado denominado “El Limón” (HMA-EL), estaba conformado por los géneros *Archaespora*, *Acaulospora*, *Claroideoflomus*, *Entrophospora*, *Funneliformis* y *Glomus.*

En bolsas de vivero de plástico con capacidad de 1 kg, y utilizando como medio de crecimiento suelo de una parcela de aguacate con bajo contenido de fósforo soluble, se trasplantó una plántula de jitomate previamente inoculadas con una concentración de 1 $x10^8$ UFCmL-1, de los aislados bacterianos (Sánchez *et al*., 2014) y posteriormente se reinocularon cada 15 días. En el caso de las plántulas con HMA, al momento del trasplante se adicionó directamente a la raíz 2 g del inóculo con aproximadamente 80 esporas y propágulos infectivos. Las plantas se mantuvieron durante cuatro meses en condiciones de invernadero y fueron irrigadas a capacidad de contenedor con agua desionizada. Se diseñó un diseño experimental completamente al azar unifactorial donde el factor de estudio fueron los aislados bacterianos y el consorcio de HMA; se adicionaron como controles, un testigo negativo donde no se aplicaron microorganismos y otro al que se le adicionó una fertilización química mediante fertiriego con solución nutritiva de Hoagland al 50% de su concentración original. Se generaron cuatro tratamientos que se repitieron 10 veces cada uno y la unidad experimental consistió de una maceta con una plántula de jitomate. Al final del ensayo (4 meses), se evaluaron variables agronómicas de crecimiento. A los datos registrados, se les realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias con la prueba de Tukey, ambos con una significancia del 0.05%.

Resultados y discusión.

Los datos muestran que los aislados bacterianos incrementaron significativamente ($p<0.05$), la mayoría de las variables de crecimiento evaluadas (Cuadro 1). Las plántulas donde se inoculó con el consorcio de HMA, no incrementaron su crecimiento y tuvieron estadísticamente el mismo resultado que en las plantas irrigadas solo con agua. Para el caso particular del área foliar, las plantas que fueron irrigadas con la solución nutritiva registraron estadísticamente ($p<0.05$), el valor más alto. Es de destacar que, los microorganismos en general, superaron u obtuvieron estadísticamente los mismos valores a lo alcanzado con el tratamiento químico, en las variables evaluadas; lo cual muestra el potencial que poseen estos en el crecimiento de las plantas.

Cuadro 1. Efecto de aislados bacterianos y hongos micorrízicos nativos, en variables morfométricas en plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

Tratamiento	BFT (g)	BST (g)	A (cm)	DT (cm)	AF (cm^2)
Consorcio de HMA-EL	84 b	16 b	40.05 b	8.14 b	520.61 ab
Aislado bacteriano	119 a	19.23 a	42.9 b	9.08 a	437.8 b
Testigo negativo (agua)	83.5 b	14.84 b	47.39 a	8.34 b	431.1 b
Fertilización química	109.4 a	15.02 b	39.63 b	8.34 b	595.5 a

BFT, Biomasa fresca total; BST, Biomasa seca total; A, altura de planta; DT, Diámetro de tallo; AF, Área foliar. Medias con letras distintas, indican diferencia estadística significativa (Tukey, $p<0.05$).

El hecho de que se registrara un mejor efecto en el crecimiento de las plántulas de jitomate por la inoculación de aislados bacterianos, puede explicarse a que estas bacterias solubilizaron el fósforo presente en el sustrato de crecimiento y fue absorbido por las plantas, lo cual se reflejó en un incremento de las variables evaluadas; además es muy probable que, los aislados bacterianos cuenten con otros mecanismos promoción de crecimiento vegetal como la producción de fitohormonas como las auxinas, que incrementan la biomasa de las plantas. El hecho de no encontrar efecto por los HMA, pueda deberse a que el costo energético que le implica a la planta establecer la asociación con el hongo micorrízico, se reflejó en una disminución en el crecimiento de la planta. Se sabe que la eficiencia micorrízica comienza cuando la planta ya tiene establecida la colonización por el hongo y las hifas de los HMA comienzan a absorber nutrientes que después proporcionan a su hospedero. Las plantas donde solo se irrigaron con solución nutritiva, tuvieron de manera disponible los elementos esenciales, lo cual se reflejó en su crecimiento. Los datos muestran que, en este caso, los aislados bacterianos pueden resultar como alternativa al uso de fertilizantes pues se obtiene el mismo crecimiento. Es probable que si se realizara una co-inoculación de HMA y los aislados bacterianos, se presente un efecto aditivo en el crecimiento de las plantas como lo ha reportado El Maaloum *et al*. (2020).

Conclusiones

En este trabajo se muestra que, el uso de microorganismos rizosféricos (aislados bacterianos), tienen un efecto benéfico en el crecimiento de plántulas de jitomate, y podría ser una alternativa para sustituir o reducir el uso de fertilizantes químicos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Esta investigación contó con financiamiento del Programa de Investigación de la CIC, para el período 2022-2025, de la UMSNH y el proyecto, FCCHTI23_ME4.1.-0011, financiado por el ICTI, Michoacán.

Referencias bibliográficas

El Maaloum, S., Elabed, A., Alaoui-Talibi, Z. E., Meddich, A., Filali-Maltouf, A., Douira, A. & El Modafar, C. (2020). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria consortia associated with phospho-compost on phosphorus solubilization and growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *51*(5), 622-634.

Etesami, H., Jeong, B. R., & Glick, B. R. (2021). Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphate–solubilizing bacteria, and silicon to P uptake by plant. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 699618.

Mora-Quilismal, S. R., Cuaical-Galárraga, E. T., García-Bolívar, J., Revelo-Ruales, V. W., Puetate-Mejía, L. M., Aguila-Alcantara, E., & Ruiz-Sánchez, M. (2021). Biofertilización con bacterias solubilizadoras de fósforo y hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de la papa. *Cultivos Tropicales*, *42*(2).

Padrón-Rodríguez, L., Arias-Mota, R. M., Medel-Ortíz, R., & De la Cruz-Elizondo, Y. (2020). Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y una cepa fosfato solubilizadora en Canavalia ensiformis (Fabaceae). *Botanical Sciences*, *98*(2), 278-287.

Sánchez López, D. B., García Hoyos, A. M., Romero Perdomo, F. A., & Bonilla Buitrago, R. R. (2014). Efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal solubilizadoras de fosfato en Lactuca sativa cultivar White Boston. Revista Colombiana de Biotecnología, 16(2), 122-128.

USO DE ROCA FOSFÓRICA Y DE UN CONSORCIO BACTERIANO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

Mauricio Jesús Romero-Méndez[1], Israel Cuellar-Salazar[1], Guadalupe Medina-de la Rosa[2], Juan Carlos Rodríguez-Ortiz[1], y Ángel de Jesús Estrada-González[1]*

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). [2]Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
*Autor para correspondencia: angel.estrada@uaslp.mx

Palabras clave: Roca fosfórica*, Chromobacterium violaceum*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Lactuca sativa.*

Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es una hortaliza de hoja verde de gran importancia para México ya que representa la séptima hortaliza con mayor extensión de hectáreas sembradas a nivel nacional y la decima en valor de producción (SIAP, 2023). Para el estado de San Luis Potosí representa la quinta hortaliza con mayor extensión de hectáreas sembradas y la séptima en valor de producción en miles de pesos (SIAP, 2023). La obtención de sus plantas se da principalmente en semilleros a través de la producción de plántulas que una vez teniendo el crecimiento y calidad óptima se trasplantan en el sitio donde completarán su ciclo hasta su cosecha. Durante la etapa de plántula se utilizan fertilizantes químicos sintéticos, principalmente con nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), donde se ha demostrado que el P es un elemento esencial limitante para su óptimo crecimiento (Saavedra *et al.,* 2017). Sin embargo, si los fertilizantes se aplican en exceso sobre las hojas, las pueden dañar por toxicidad provocando una disminución en su crecimiento y plántulas de menor calidad, además de representar un costo para su producción y contaminar el agua y el suelo (Saavedra *et al.,* 2017). En los últimos años se han propuesto alternativas a los fertilizantes químicos sintéticos como el uso de fuentes naturales y de microorganismos, específicamente bacterias promotoras del crecimiento vegetal. El uso de roca fosfórica como fuente natural de P en combinación con microorganismos que disponen del P a través de su mineralización mediante la producción de enzimas como fosfatasas y la producción de ácidos orgánicos ha tenido resultados positivos en la producción de diversos cultivos en campo (Afzal *et al.,* 2023; García-Díaz *et al.,* 2025). Por lo que nos propusimos como objetivo evaluar el efecto de un consorcio bacteriano conformado por *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* en la mineralización de P proveniente de roca fosfórica a través de su efecto en el crecimiento de plántulas de lechuga.

Materiales y métodos

Para cumplir con el objetivo se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización donde se utilizó como sustrato peat moss comercial: T1, riego con solución nutritiva Steiner; T2, riego con solución nutritiva Steiner modificada sin P + 4 g de roca fosfórica (en 30 g del sustrato) + consorcio bacteriano (*Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus*); T3, riego con solución Steiner modificada sin P + 4 g de roca fosfórica; y T4, riego con solución Steiner modificada sin P. Cada tratamiento con tres repeticiones. La solución de referencia fue la de Steiner (1961) con una composición en meq L^{-1} de: 6 NO_3^-, 0.5 $H_2PO_4^-$, 3.5 SO_4^{2-}, 3.5 K^+, 2 Mg^{2+} y 4.5 Ca^{2+} y conductividad eléctrica (CE) de 1.0 dS m^{-1}. En los tratamientos 2, 3 y 4 en la solución Steiner modificada sin P, el $H_2PO_4^-$ fue reemplazado por una cantidad equivalente de SO_4^{2+}. En los tratamientos 3 y 4, la cantidad de roca fosfórica corresponde al 100% del P total aplicado en el tratamiento 1 en forma de fertilizante soluble en el volumen de agua de riego estimado a través de la solución Steiner (Cuadro 1). Las bacterias *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* fueron proporcionadas por el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas del Instituto de Ciencias de la BUAP, caracterizadas previamente en el laboratorio como PGPR (Plant growth promoting rhizobacteria), específicamente por su eficiencia en la mineralización de P. El riego se realizó diariamente con la solución Steiner o Steiner modificada sin P según el tratamiento. Se utilizaron semillas de lechuga italiana variedad Bergam's Green que se colocaron en charolas de 200 cavidades. Cada charola se dividió por la mitad donde en cada una se asignó una repetición de cada tratamiento en un diseño completamente al azar. Un mes después de que germinaron las semillas se seleccionaron cinco plántulas al azar del centro de cada repetición (evitando plántulas de la orilla) y se les evaluó: longitud de tallo (cm), longitud de raíz (cm), relación tallo:raíz, biomasa (g), número de hojas, área foliar (cm^2) y contenido relativo de agua (CRA, %). Las variables se compararon mediante un análisis de

varianza (ANOVA) y una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey, $p \leq 0.05$), para determinar el efecto de los tratamientos en las variables de respuesta. Los análisis se realizaron con el software R (R 3.6.0+) en RStudio (2025.05.0+496) y las gráficas se confeccionaron en Excel.

Cuadro 1. Cálculo de la cantidad de roca fosfórica equivalente a la aplicada en la solución Stenier

Días después de siembra	Consumo de agua en el períodoL m^{-2}	CE de la solución (dS m^{-1})	meq L^{-1} H_2PO_4	g $^{-1}$ de KH_2PO_4	g de KH_2PO_4 total en el agua	g P (22% P en el KH_2PO_4)	g de roca P/ m^{-2} equivalente (11% P)
0 a 9	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
10-16	10.50	0.50	0.25	0.03	0.35	0.08	0.73
17-23	12.25	0.75	0.37	0.05	0.62	0.14	1.29
21-30	14.00	1.00	0.50	0.06	0.95	0.21	1.97
	45.75				1.93	0.44	4.00

Resultados y discusión

Los resultados de las variables evaluadas en las plántulas de lechuga bajo los diferentes tratamientos se muestran en el Cuadro 2. Las plántulas que se regaron con la solución Steiner completa (con P) tuvieron mayor longitud de tallo, relación tallo:raíz, biomasa, número de hojas y área foliar ($p < 0.05$), que en el tratamiento donde no se le agregó ninguna fuente de fósforo y no se inoculó con la bacteria, indicando la importancia de este elemento esencial y de su disponibilidad inmediata para el crecimiento óptimo de las plántulas. En todos los tratamientos donde el P fue limitante las plántulas tuvieron un menor crecimiento. Durante el crecimiento de las plántulas es el período más crítico y una deficiencia de P retrasa su desarrollo fenológico y disminuye tanto el tamaño de la planta como la acumulación de biomasa (Veneklaas *et al.,* 2012; Mäkelä *et al.,* 2020).

Cuadro 2. Resultados de las variables evaluadas en las plántulas de lechuga bajo los diferentes tratamientos

Tratamiento	Longitud de tallo (cm) *	Longitud de raíz (cm) *	Tallo: raíz *	Biomasa (g) *	N° de hojas *	Área foliar (cm^2) *	CRA (%)
T1: solución Steiner	6.53 ± 0.91 a	5.67 ± 0.47 b	1.17 ± 0.23 a	0.17 ± 0.04 a	6.33 ± 0.96 a	29.87 ± 11.36 a	54.66 ± 13.79 NS
T2: Steiner sin P + roca + bacteria	4.67 ± 0.88 b	6.49 ± 0.77 a	0.72 ± 0.11 bc	0.13 ± 0.04 b	5.39 ± 1.18 b	11.85 ± 5.67 b	58.50 ± 6.09 NS
T3: Steiner sin P + roca	3.87 ± 1.01 c	6.13 ± 0.51 ab	0.63 ± 0.14 cd	0.07 ± 0.02 c	4.94 ± 0.79 b	9.12 ± 3.86 bc	48.98 ± 11.22 NS
T4: Steiner sin P	2.98 ± 0.64 d	6.26 ± 0.71 a	0.48 ± 0.12 d	0.04 ± 0.03 c	4.44 ± 0.77 c	4.45 ± 1.88 c	60.10 ± 10.08 NS

*: $p < 0.05$, letras diferentes indican diferencias significativas; NS: sin diferencias significativas. CRA (%): contenido relativo de agua

A pesar de no haber tenido valores estadísticamente iguales en las variables con el tratamiento de la solución Steiner completa. El tratamiento donde el sustrato se complementó con la roca fosfórica y se inoculó con la bacteria tuvo un resultado estadísticamente mayor en la longitud del tallo y biomasa comparado con los tratamientos donde no se inocularon, indicando un efecto positivo de la bacteria en la disponibilidad de fósforo para las plántulas. Estas bacterias ya se han caracterizado previamente como PGPR (Mujumdar *et al.,* 2023; Ajuzieogu & Oputa, 2024). También hay que destacar que en el tratamiento donde el sustrato se complementó con la roca fosfórica pero no se inoculó tuvo resultados estadísticamente igual con el tratamiento donde las plántulas se inocularon, pero mayor que el tratamiento donde el sustrato no se complementó con ninguna fuente de P en las variables relación tallo:raíz, número de hojas y área foliar, indicando un efecto directamente de la planta en la mineralización y disponibilidad de P. Se ha reportado que algunas plantas pueden modificar el pH de su rizosfera través de la exudación de compuestos mineralizadores de P, como protones, ácidos orgánicos y fosfatasas, cambios en la arquitectura y morfología de la raíz, como la longitud que se observó en los resultados, y se promueve la simbiosis con hongos y bacterias (Chen *et al.,* 2006; Mäkelä *et al.,* 2020).

Si bien, los tratamientos donde el sustrato de las plántulas se complementó con roca fosfórica no tuvo resultados iguales a las plantulas inoculadas con la solución Steiner completa, si mostraron efectos positivos en su crecimiento comparados con el tratamiento que no se complementa con fósforo, indicando la importancia de este elemento para el crecimiento de las plántulas y se potencia con la inoculación con el consorcio de las bacterias mineralizadoras de P.

Conclusiones

La complementación de peat moss con roca fosfórica y con las bacterias *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* caracterizadas como PGPR promueve y favorece el crecimiento de plántulas de lechuga comparado con tratamientos donde no se aplican estos, revelándose como una alternativa al uso de fertilizantes químicos sintéticos para la producción de plántulas.

Referencias bibliográficas

Afzal, A., Bahader, S., Ul Hassan, T., Naz, I., & Din, A. U. (2023). Rock phosphate solubilization by plant growth-promoting *Bacillus velezensis* and its impact on wheat growth and yield. Geomicrobiology Journal, 40(2), 131-142.

Ajuzieogu, C., & Oputa, C. (2024). Beyond a Pathogen: *Chromobacterium violaceum*, a *Rhizobacterium* with Plant Growth-Promoting Potential. The 4th International Electronic Conference on Agronomy.

Chen, Y. P., Rekha, P. D., Arun, A. B., Shen, F. T., Lai, W. A., Young, C. C. (2006). Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. Appl. Soil Ecol. 34, 33–41.

García-Díaz, C., Siles, J. A., Bastida, F., & Moreno, J. L. (2025). Soil Characteristics rather than microbial inoculation determines the effects of alternative phosphorus-fertilizers on ryegrass yield and the soil microbial community. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 1-18.

Mäkelä, P. S., Wasonga, D. O., Solano Hernandez, A., & Santanen, A. (2020). Seedling growth and phosphorus uptake in response to different phosphorus sources. Agronomy, 10(8), 1089.

Mujumdar, S., Bhoyar, J., Akkar, A., Hundekar, S., Agnihotri, N., Jaybhay, P., & Bhuyan, S. (2023). Acinetobacter: A versatile plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). In Plant-microbe interaction-recent advances in molecular and biochemical approaches (pp. 327-362). Academic Press.

Saavedra, G., Corradini, F., & Antúnez, A. (2017). Manual de producción de lechuga. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago de Chile.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/. Fecha de consulta: 3 de junio de 2025.

Veneklaas, E. J., Lambers, H.; Bragg, J., Finnegan, P. M., Lovelock, C. E., Plaxton, W. C., Price, C. A., Scheible, W. R., Shane, M. W., White, P. J., *et al*. (2012). Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. New Phytol. 195, 306–320.

EFECTO DEL pH SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA CIC, BASES INTERCAMBIABLES Y MICRONUTRIENTES EN LOS SUELOS DE MORELOS

Alejandro Perez-Rosales[1]*, Edwin Javier Barrios-Gomez[1], Mariangualdalupe Hernández-Arenas[1], Sandra Eloísa Rangel-Estrada[1], Jaime Canul-Ku[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatepec.
*Autor para correspondencia: rosales.alejandro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Arcilla, superficie, sitios de intercambio.

Introducción

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), es un indicador de la capacidad de los suelos para retener e intercambiar cationes, está determinada por el contenido y tipo de arcilla, pH, material parental y la actividad biológica. Se basa en la cuantificación de los sitios de intercambio en la superficie de las arcillas, expresado en $cmol_{(+)}\ kg^{-1}$ o meq 100 g de $suelo^{-1}$. La CIC representa las cargas eléctricas presentes en las arcillas del suelo que potencialmente pueden ser ocupadas por los cationes (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, H^+, Al^{+3}); dichas cargas se originan a través del intemperismo de las arcillas y se clasifican en cargas permanentes (sustitución isormórfica) y cargas dependientes de pH. En suelos ácidos, la saturación por H^+ en los sitios de intercambio limita la adsorción de las bases intercambiables (BI) (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+), ocasionando deficiencias de estos elementos; por el contario en suelos alcalinos al no estar presente el H^+, los sitios de intercambio son ocupados por las bases que predominen en cada suelo (metales, metales alcalinos o metales alcalinotérreos) de acuerdo al material de origen de estos, por lo que, los suelos alcalinos tendrán valores mayores en BI que los suelos ácidos. La CIC depende de la actividad de la fracción arcillosa (partículas <2 µm), sin embargo, esta relación es variable a causa de las diferentes CIC que poseen estos minerales; en algunos suelos esta variación en la CIC puede explicarse a través del contenido total de arcilla, por lo que el contenido total de arcilla es usado como un predictor de la CIC. La CIC no solo se emplea como indicador de la calidad y productividad de los suelos, sino también, con fines de clasificación y taxonomía. Por otro lado, existen numerosos métodos para la determinación de la CIC y las BI, no obstante, en todos ellos se utiliza un catión indicador para la saturación de los sitios de intercambio, cuyos resultados presentan variaciones (sub o sobre estimación) de acuerdo al catión indicador, pH de la solución extractora y el pH del suelo; a pesar de esta condición, de manera general los valores obtenidos de la CIC tienden a ser mayores que el valor de las BI, es decir, la CIC>BI (Khaledian *et al*., 2017; Schoonheydt *et al*., 2018; Zhu *et al*., 2024). El objetivo del presente trabajo fue describir el efecto del pH sobre la distribución de la CIC, bases intercámbiales y micronutrientes en los suelos del Estado de Morelos.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el municipio de Zacatepec, Morelos. Se realizaron 488 muestreos de suelos agrícolas en los primeros 30 cm de profundidad, dentro del estado de Morelos, los cuales fueron analizados para textura, densidad aparente, pH, C.E., M. O., N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, BI y CIC, en el Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del Campo Experimental Bajío del INIFAP y en el laboratorio de la Dirección General de Suelos y Agua de la Universidad Autónoma Chapingo; las variables evaluadas se determinaron mediante los siguientes métodos: pH, relación agua suelo 2:1; Fosforo, solución Olsen-espectrofotometría de UV-VIS; Conductividad eléctrica, relación agua suelo 2:1; Materia orgánica, Walkley & Black; Nitrógeno inorgánico, KCl 2N-Kjeldahl y valorado con ácido sulfúrico; Cationes extractables, acetato de amonio 1N-absorción atómica (ASS); Micronutrientes, DTPA 0.005 M-AAS; Densidad aparente, método de la probeta; CIC, Tiourea de plata 0.01 M y Textura: Bouyoucos. Los resultados se clasificaron en dos grupos, suelos ácidos y alcalinos, en cada grupo se utilizaron medidas de tendencia central para las variables de fertilidad. Para el análisis de la distribución de las bases intercambiables se separaron en metales, metales alcalinos y metales alcalinotérreos, posteriormente se estimó su proporción relativa (%). Se realizó análisis de regresión lineal por el método de mínimos cuadrados, en las variables de CIC, contenido de arcilla y bases intercambiables. Los datos se procesaron en hoja de cálculo de Microsoft Office Professional Plus 2016.

Resultados y discusión

El rango de valores de pH en los suelos ácidos analizados fue de 3.9 a 7.0, siendo la media de 5.7, así mismo, los valores de arcilla y CIC fueron 26.7 g 100 g S^{-1} y 16.4 meq 100 g S^{-1}, respectivamente. En estos suelos las bases predominantes son Ca y Mg con 10.9 y 4.3 meq 100 g S^{-1}, respectivamente, mientras que para los micronutrientes se encontró que los mayores valores fueron para el Fe y el Mn con 36.8 y 34.3 mg kg S^{-1}, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medidas de tendencia central para las variables de fertilidad en suelos ácidos de Morelos.

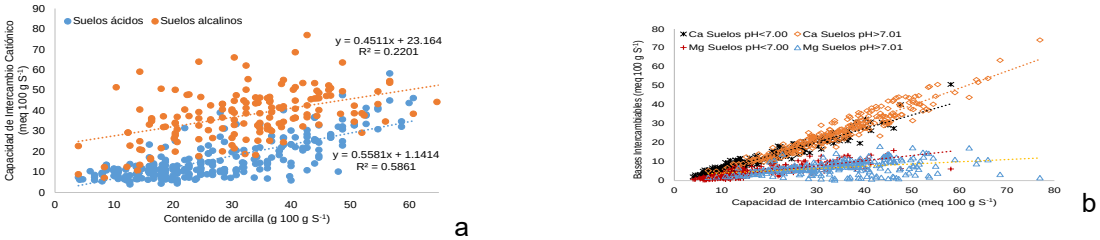
Var	Arc	Dap	pH	CE	M.O	N	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg	K	Na	CIC
	g 100 g S^{-1}	g cm^{-3}		dS m^{-1}	%	mg kg S^{-1}						meq 100 g S^{-1}				
$\bar{X}$	26.7	1.1	5.7	0.2	3.2	23.1	19.1	36.8	2.1	1.2	34.3	10.9	4.3	1.1	0.7	16.4
Min	4.0	0.7	3.9	0.0	0.6	0.0	0.1	2.4	0.3	0.0	1.2	2.0	0.2	0.1	0.2	4.0
Max	60.7	1.6	7.0	1.9	20.8	168.0	202.2	162.2	20.7	27.5	257.3	59.8	54.1	7.1	7.0	58.2
S^2	13.4	0.1	0.7	0.3	2.2	23.9	28.5	26.6	2.4	2.1	39.1	8.0	4.4	0.9	0.6	9.9
S	0.5	0.1	0.1	1.4	0.7	1.0	1.5	0.7	1.1	1.7	1.1	0.7	1.0	0.8	0.9	0.6
Cv	264	270	282	266	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	282	276
n	180.8	0.0	0.5	0.1	4.7	569.2	809.7	710.0	5.8	4.4	1530.6	63.8	19.5	0.9	0.4	97.6

En los suelos alcalinos el rango del pH fue de 7.01 a 8.8, con una media de 7.7. Para el contenido de arcilla se determinó 32.5 g 100 g S^{-1}, CIC 33.7 meq 100 g S^{-1}. Las BI con mayor proporción en estos suelos fueron Ca y Mg con 27.1 y 7.0 meq 100 g S^{-1}. En cuanto a los micronutrientes el Fe y el Mn presentaron valores de 14.9 y 15.5 mg kg S^{-1}, respectivamente (Cuadro 2). En los suelos alcalinos, se presentó una mayor CIC y BI que en los suelos ácidos, así mismo se apreció que en ambos casos, las bases predominantes son el Ca y el Mg, así como el Fe y el Mn en cuanto a los micronutrientes.

Cuadro 2. Medidas de tendencia central para las variables de fertilidad en suelos alcalinos de Morelos.

Var	Arc	Dap	pH	CE	M.O	N	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca	Mg	K	Na	CIC
	g 100 g S^{-1}	g cm^{-3}		dS m^{-1}	%	mg kg S^{-1}						meq 100 g S^{-1}				
$\bar{X}$	32.5	1.2	7.7	0.4	2.5	24.4	33.2	14.9	1.8	1.9	15.5	25.1	7.0	1.2	0.7	33.7
Min	3.96	0.8	7.01	0.0	0.5	0.0	0.5	0.3	0.2	0.1	1.0	5.0	0.4	0.1	0.0	7.1
Max	66.0	12.5	8.8	1.7	11.1	220.5	379.4	119.0	16.5	24.2	98.3	74.1	35.3	6.0	1.9	77.0
S^2	154.3	0.8	0.2	0.1	1.5	328.8	2064.8	260.9	4.5	11.2	165.1	127.6	14.9	0.8	0.2	145.1
S	12.4	0.9	0.4	0.4	1.2	18.1	45.4	16.2	2.1	3.4	12.9	11.3	3.9	0.9	0.4	12.0
Cv	0.4	0.8	0.1	1.0	0.5	0.7	1.4	1.1	1.2	1.7	0.8	0.5	0.6	0.8	0.6	0.4
n	164	164	269	88	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	268

El contenido de arcilla en los suelos ácidos presenta una tendencia lineal con la CIC, sin embargo, en los suelos alcalinos se obtuvo una mayor CIC (Figura 1a). Para ambos grupos de suelos el catión predominante es el Ca, seguido por el Mg, siendo estos mayores en los suelos alcalinos: ambos grupos de suelos estos cationes tienen una tendencia lineal con la CIC (Figura 1b), esto se debe a que en los suelos de manera natural el calcio se encuentra en mayor abundancia que el magnesio, de acuerdo a la serie liotrópica catiónica en suelos $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} > Na^{+}$ (Chaganti *et al*., 2017).



a b

Figura 1. Relación entre el contenido de arcilla y la CIC (a) y relación entre la CIC y las BI (b).

Debido a que las BI están constituidas por metales alcalinos (K, Na) y metales alcalinotérreos (Ca, Mg), su presencia y distribución son dependientes del material de origen y de los procesos de formación de los suelos, por ello, al disgregarlos por su naturaleza química se presenta una relación dependiente entre estos, es decir a medida que uno incrementa el otro disminuye, siendo los de mayor proporción los metales alcalinotérreos que los metales alcalinos. Para los suelos ácidos se determinó que la proporción relativa del Ca y Mg fue del 80 %, en relación al K y Na, de este porcentaje el Ca representa el 81 % del total,

mientras que en los suelos alcalinos se encontró el 90% para calcio y Mg, del cual el 86 % corresponde únicamente al Ca (Figura 2).

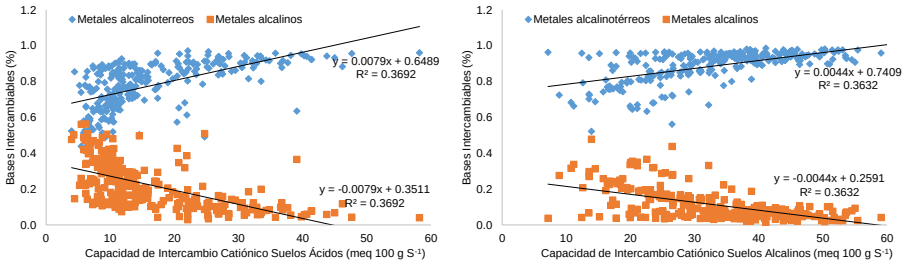


Figura 2. Efecto de la CIC del suelo sobre las BI (metales alcalinos y metales alcalinotérreos).

El contenido de arcilla presenta un efecto lineal sobre la proporción relativa de los micronutrientes (Fe y Mn) en los suelos ácidos, siendo el de mayor abundancia el Fe con el 59 %. En los suelos alcalinos tanto el Fe como el Mn son los de mayor predominancia, sin embargo, no se aprecia una relación lineal entre el contenido de arcilla (Figura 3).

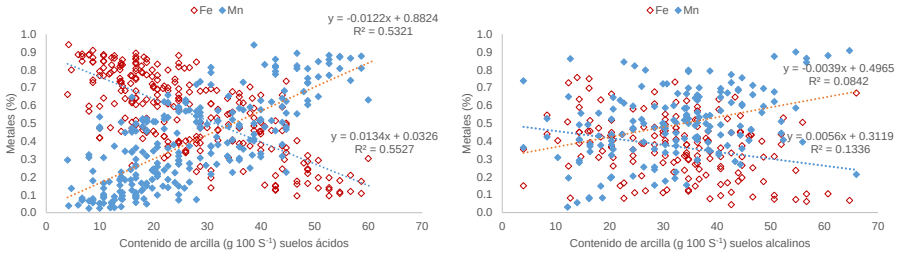


Figura 3. Efecto del contenido de arcilla sobre la proporcion relativa del Fe y Mn en suelos ácidos y alcalinos.

Conclusiones

Los valores con mayor CIC corresponden a suelos alcalinos, así mismo la concentración de las BI. Las bases con mayor abundancia en ambos grupos de suelos son Ca y Mg. Tanto en los suelos ácidos como alcalinos el Ca es el catión con mayor presencia. Existe una tendencia lineal entre el contenido de arcilla y la CIC en los suelos ácidos, así mismo entre el Fe y Mn. En ambos grupos de suelos el Fe y el Mn son los metales de mayor abundancia, siendo el Fe el de mayo predominancia entre ellos.

Referencias bibliográficas

Chaganti, V. N., & Culman, S. W. (2017). Historical perspective of soil balancing theory and identifying knowledge gaps: A review. Crops & Soils, 51(1), 40-47. https://doi.org/10.2134/cs2018.51.0101

Khaledian, Y., Brevik, E. C., Pereira, P., Cerdà, A., Fattah, M. A., & Tazikeh, H. (2017). Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. *CATENA*, *158*, 194-200. https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.07.002

Schoonheydt, R. A., Johnston, C. T., & Bergaya, F. (2018). Clay minerals and their surfaces. En Developments in clay science (pp. 1-21). https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102432-4.00001-9

Zhu, J., & Sun, Z. (2024). Estimation of Cation Exchange Capacity for Low-Activity Clay Soil Fractions Using Experimental Data from South China. Agronomy, 14(11), 2671. https://doi.org/10.3390/agronomy14112671

EFECTO DE INSUMOS AGRÍCOLAS EN EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE FRESA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

Rosalba Lira-Ortiz[1]*, Víctor Manuel Coria-Avalos[1], Magali Ruiz-Rivas[1]

[1]Instituto nacional de investigaciones, forestales, agrícolas y pecuarios (INIFAP) Campo Experimental Uruapan, Av. Latinoamericana Número 1101, C.P 60150, Michoacán.
*Autor para correspondencia: lira.rosalba@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Fragaria ananassa Duch*, insumos, *Trichoderma.*

Introducción

Actualmente el uso de los insumos agrícolas en el campo para la atención de plagas y enfermedades va encaminada a la disminución de la aplicación de productos residuales, siendo un camino a seguir el uso de insumos de baja o nula residualidad, ya sea a partir del uso de agentes biológicos como agentes de biocontrol con características antagonistas a hongos fitopatógenos, como el caso de algunas variedades de *Trichoderma*, el uso de compuestos derivados del ácido fosfórico los cuales fortalecen el sistema inmunológico de la planta, mejorando su resistencia a enfermedades, como lo es el caso de los fosfitos de potasio, o en el caso del uso de compuestos derivados del cloro, como lo son el ácido hipocloroso (HOCl) o el dióxido de cloro (ClO_2) para la disminución de la concentración de enfermedades en el agua de riego. Además de los usos agrícolas que son la reducción de patógenos en el campo, estos insumos han demostrado mejorar las condiciones de crecimiento de las plantas, gracias al aumento en la resistencia a las condiciones ambientales, y un aumento en la producción, pudiendo observarse ya sea de forma visual, pero más importante en el beneficio directo en el bolsillo del productor. Debido a lo anterior, la presente investigación, está orientada al conocimiento del incremento de producción de fresa en campo mediante el uso de variedades de *Trichoderma*, fosfitos y derivados de cloro a comparación del uso tradicional en campo.

Materiales y métodos

A partir de cultivares de fresa en el municipio de Zamora, Michoacán (19° 59´00” N, 102° 17´00” O), se evaluó la producción de frutos de fresa durante 6 semanas de producción. Se aplicaron insumos de baja residualidad mediante tres tratamientos aplicados vía drench en su totalidad, teniendo como base, compuestos derivados de cloro, fosfitos de potasio y variedades de *Trichoderma*. El primer tratamiento comprendió la aplicación de HClO (138 L/ha) cada siete día manteniéndolo en dos aplicaciones y posteriormente 4 aplicaciones de *Trichoderma harzianum* (92 (L/ha) con una periodicidad de 7 días. El segundo tratamiento consistió en la aplicación de ClO_2 (1 L/ha) cada 14 días durante dos aplicaciones y posteriormente 4 aplicaciones de *Trichoderma reesei* (4 L/ha) con una periodicidad de 14 días, el ultimo tratamiento consistió en la aplicación de ClO_2 (1 L/ha) cada 14 días durante dos aplicaciones y posteriormente 4 aplicaciones de Fosfitos de potasio (2 L/ha) con una periodicidad de 14 días. Los resultados se obtuvieron a partir del día cero y en comparativo hasta el día de cosecha

Resultados y discusión

A partir de la aplicación de los diferentes tratamientos se obtuvo que el uso de derivados de cloro disminuyo la presencia de enfermedades en las plantas, observándose mejoría en el área foliar (Figura 1) donde se observó un aumento en la calidad y cantidad de hojas por planta, esto indica un mejoramiento en las condiciones de crecimiento de la planta, al disminuir la cantidad de patógenos presentes (Hine-Gómez *et al*., 2013; Muñoz *et al.,* 2022).

Partiendo como base las primeras dos aplicaciones, se observó en planta un aumento en el número de floración y con ello un incremento en el número de frutos por planta (Figura 2), teniendo como último registro la 6ta aplicación de cada uno de los tratamientos, en los cuales podemos observar que el tratamiento con mayor producción por planta fue aquel en el cual se aplicó fosfito de potasio (Figura 3), de acuerdo con Yáñez-Juárez y colaboradores en 2018, los fosfitos son una alternativa para el control de organismos fitoparasitarios, estimulando los mecanismos de defensa y con beneficios para el crecimiento y desarrollo de la planta. De la misma forma los usos de los *Trichodermas* mejoran la absorción de nutrientes y estimulan el crecimiento, incluyendo el desarrollo del sistema radicular.



Figura 1 Seguimiento fotográfico del aumento de la calidad y cantidad foliar en la planta.

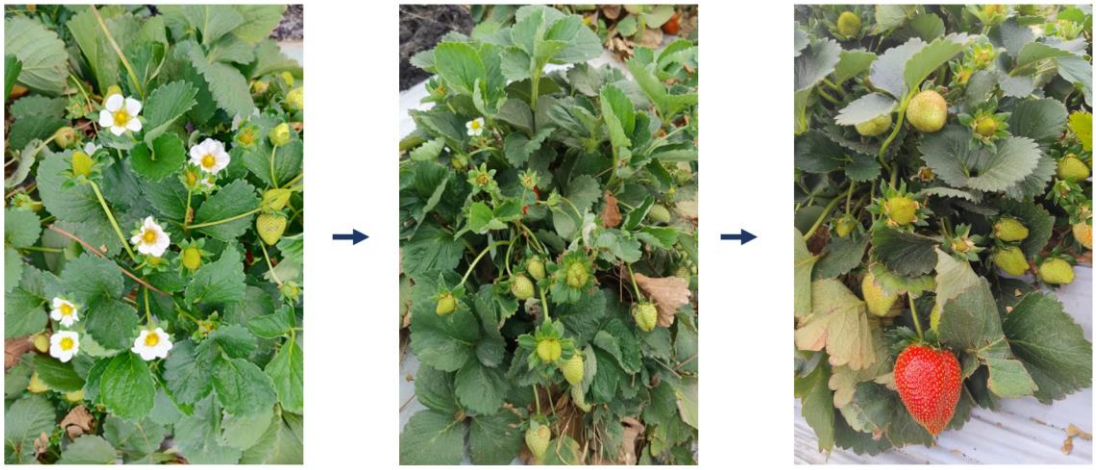


Figura 2 Seguimiento fotográfico del aumento de la producción de frutos de fresa por planta.

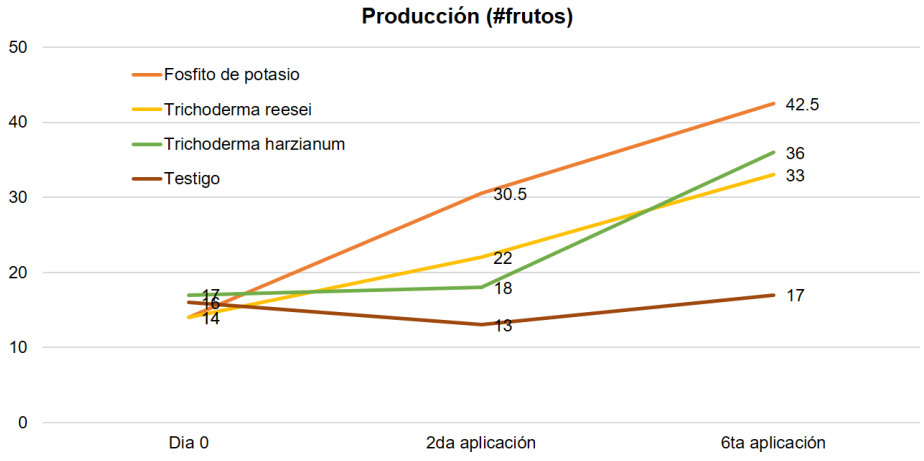


Figura 3 Cuantificación de la producción de frutos de fresa por planta por tratamiento aplicado.

Conclusiones

El uso de agentes de baja residualidad como los Fosfitos de potasio y los *Trichodermas* permiten un mayor control de plagas y enfermedades y a su vez bioestimulan a la planta para un mejor y más sano crecimiento registrando un aumento en la producción de frutos, lo que es de beneficio para toda la cadena productiva

Referencias bibliográficas

Hine-Gómez, A., & Abdelnour-Esquivel, A. (2013). Establecimiento in vitro de arándano (Vaccinium corymbosum L). *Tecnología en Marcha*, *26*(4), 64-71.

Muñoz, L., Borrego, A., Villalba, C., González, R., Orduño, N., Villezcas, G., ... & Vargas, I. (2022). El cloro y su importancia en la inactivación de bacterias, ¿Puede inactivar virus? *Revista Mexicana de Fitopatología*, *39*.

Yáñez-Juárez, M. G., López-Orona, C. A., Ayala-Tafoya, F., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. D. J., & Medina-López, R. (2018). Los fosfitos como alternativa para el manejo de problemas fitopatológicos. *Revista mexicana de fitopatología*, *36*(1), 79-94.

UN ACERCAMIENTO TERRITORIAL A LA CALIDAD DEL SUELO EN LA MICROCUENCA CUAUHTÉMOC, VILLAFLORES, CHIAPAS

Jaime López Martínez[1]*, Bernardo Villar Sánchez[1] y Andrés López Ovando[2]

[1]Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP; [2]PSP.
*Autor para correspondencia: lopez.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: características, indicadores, mapeo.

Introducción

El suelo es el capital natural más explotado del planeta, el impacto negativo que ha tenido surge desde el mismo cambio de uso de la tierra por el crecimiento de actividades humanas como urbanización, deforestación, sobrepastoreo, labranza y prácticas agrícolas inadecuadas (Borrelli *et al*., 2017). El suelo es uno de los recursos clave que sostienen la vida en el planeta, y es la base de casi todos los suministros bienes de consumo imperantes, entre ellos, el más importante, los alimentos. Mantener y mejorar su calidad es primordial para la agricultura y, por lo tanto, es esencial para poder cubrir las necesidades humanas en el siglo veintiuno. Actualmente el concepto de calidad del suelo se ha esparcido en el argot agronómico mundial como un tema fundamental ante el acelerado deterioro de sus características y propiedades que amenazan el abasto de alimentos saludables. Se define como la capacidad de un suelo para funcionar y promover la productividad de las plantas y los animales y mantener o mejorar la calidad del agua y el aire (Bünemann *et al*., 2018). Es importante conocer el estado de las características y propiedades del suelo vinculadas con su calidad para tener elementos técnicos que permitan mejorarla, todo con el fin de asegurar la producción de alimentos inocuos para las generaciones futuras. Bajo este concepto, se han desarrollado metodologías para evaluar la calidad del suelo utilizando indicadores cualitativos o cuantitativos. Existe consenso en el sentido de que los indicadores que se utilicen deben ser lo más simples posible para facilitar su medición e interpretación. En este documento se presentan resultados de un trabajo que se realizó a nivel de microcuenca con el propósito, primero, de generar una base de datos de indicadores con las características del suelo que determinan en gran medida la productividad del cultivo de maíz y, segundo, combinar esos indicadores con sus respectivos valores óptimos y, finalmente, regionalizar las categorías resultantes de la calidad del suelo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la microcuenca Cuauhtémoc, ubicada en el municipio de Villaflores de la región Frailesca, Chiapas (Figura 1). De la superficie total de la microcuenca (159 ha), el 43.5% es de uso agrícola; el 26.0% es de uso pecuario con pastizales nativos; el 30.5% está ocupado con bosque y selva baja fragmentados (Figura 1).

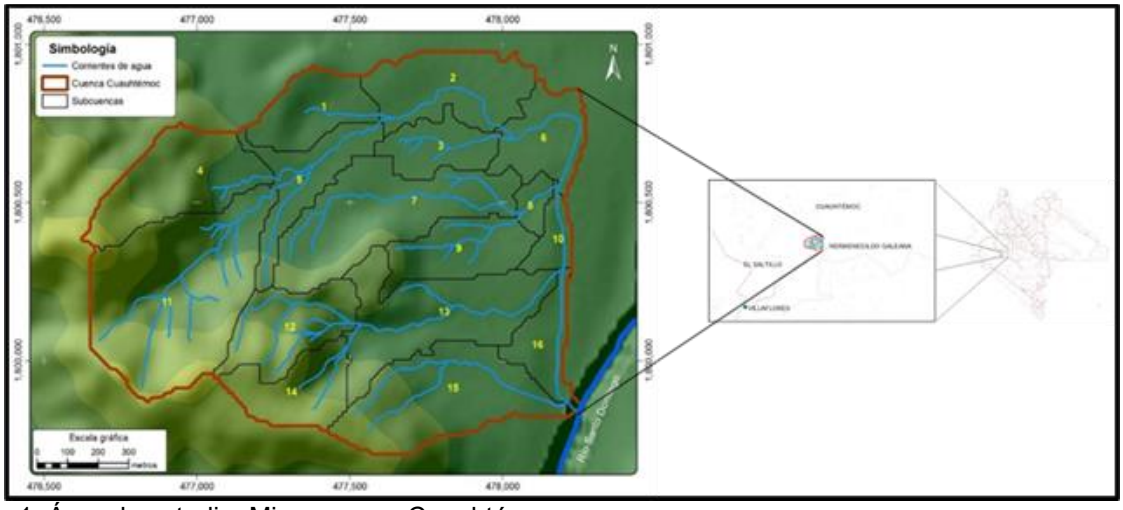


Figura 1. Área de estudio. Microcuenca Cuauhtémoc.

Se diseñó un muestreo sistemático de suelo con una cuadrícula de 100x100 m resultando un total de 163 puntos. Al inicio del ciclo de cultivo (junio), se tomaron muestras a 20 cm de profundidad en 61 puntos que corresponde al 38.4% de la superficie de la microcuenca. Se efectuó un proceso de ponderación de las principales características que están más vinculadas con la calidad del suelo. Finalmente, se asignaron rangos a cada característica de acuerdo con los valores que pueden limitar la productividad. Los rangos fueron: Pendiente (%) >10 y <10; Materia Orgánica (%) >3 y <3; CIC (me/100g) >10 y <10. Con estas clases se generaron mapas individuales de cada característica los cuales se combinaron para generar las zonas o áreas de tres clases de calidad del suelo. Así, los suelos de Calidad Alta son los que se ubican en pendiente menores que 10%, tienen >más de 3% de MO y su CIC es mayor que 10 me/100g; de Calidad Media son aquellos suelos que presentan dos de los tres parámetros de Calidad Alta; y los suelos de Calidad Baja tienen pendiente > 10%, menos de 3% de MO y su CIC > 10 me/100g. Los datos y valores geoespaciales se manejaron con el programa de cómputo ArcView 3.2 y la técnica de interpolación usada fue la Kriging IDW.

Resultados y discusión

Los valores estadísticos de las características fueron: el promedio de MO fue de 2.56% y varió de muy bajo (1.1%) a muy alto (6.8%); la CIC fue de apenas 6.7 me/100g, lo que indica que estos suelos tienen una muy baja capacidad de retención de nutrientes y, por lo tanto, la fertilidad y productividad de estos suelos es considerada como crítica; mientras que la pendiente tuvo una alta variación (22%) con valores que van desde 0.5 hasta 80%.

El proceso de regionalización geoespacial de datos digitales arrojo como resultados que el 85% de la superficie el contenido de MO está por debajo del rango crítico (menos de 3%). Las parcelas maiceras que se ubican en esta categoría tienen suelos muy pobres, pues la materia orgánica ya se encuentra en procesos de degradación acelerada debido a que no se incorporan los residuos de cosecha. Muchas evidencias destacan la importancia de esta característica en la determinación de la fertilidad, la productividad y la calidad de los suelos agrícolas. (Bautista *et al*., 2004).

Asimismo, los suelos de ladera con pendiente >10% se encuentran en un 48.1% del territorio de la microcuenca. Son muy susceptibles a la erosión hídrica y casi siempre tienen poca profundidad.

Casi todo el territorio de la microcuenca está cubierto por suelos con CIC <10 me/100g. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es fundamental para la fertilidad del suelo, ya que determina la capacidad del suelo para retener y liberar nutrientes esenciales para las plantas. En general, estos suelos tienen baja eficiencia para retener nutrientes y ponerlos a disposición de las plantas. En cada ciclo de cultivo, los productores obtienen menor rendimiento de maíz; muchas laderas se han abandonado.

La distribución territorial de calidad del suelo se muestra en la Figura 2. La baja calidad ocupa el 94% de la microcuenca; por eso es necesario fortalecer las acciones de transferencia de tecnologías de restauración de MO y de conservación de suelos. Las laderas poseen dificultades para realizar una agricultura sostenible ya que la inclinación y las acciones antrópicas son causas que han contribuido a la formación de suelos superficiales muy susceptibles a la erosión y al deslizamiento de tierras. En La Frailesca las tierras abruptas están ocupadas por productores de agricultura familiar donde sus medios de vida pueden estar en peligro por la degradación de tierras y pérdida de productividad. Los conceptos y principios de buen manejo del suelo deben estar adaptados a las condiciones locales del agricultor. (Shaxson, 1999).

Conclusiones

La pendiente del terreno, la materia orgánica (MO) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) son características físicas y químicas que resultaron ser viables para definir la calidad del suelo a nivel de microcuenca. Desafortunadamente, la baja calidad del suelo ocupa el 94% del territorio de la microcuenca; en consecuencia, es necesario implementar estrategias tecnológicas integrales bajo el concepto de enfoque de cuencas para restaurar la MO y conservar el suelo y el agua.

El estudio permitió definir que la CIC y la MO presentan una distribución territorial de 85 y 92%, respectivamente, y son factores que determinan la baja fertilidad y productividad de los suelos maiceros de la microcuenca Cuauhtémoc, y, puede decirse, que también de otras microcuencas similares de La Frailesca, Chiapas.

No obstante, que la pendiente abrupta (>10%) ocupa un 48% del territorio, la agricultura de las tierras de ladera debe dejar de considerarse como un ecosistema marginado, antes bien, debe apoyarse con recursos

(físicos y humanos) que permitan impulsar sistemas de cultivo diseñados para reducir la erosión y mejorar la productividad del suelo.

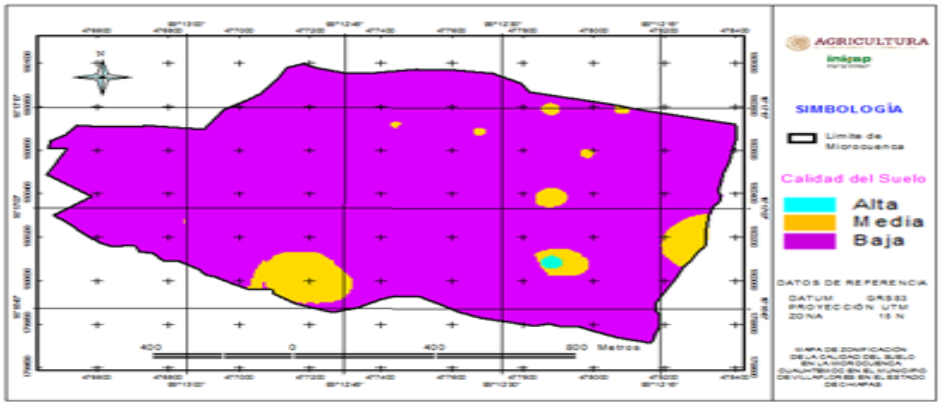


Figura 2. Distribución de la calidad del suelo en la microcuenca Cuauhtémoc.

Fuente financiadora
INIFAP, a través de fondos fiscales 2021.

Referencias bibliográficas

Borrelli, P., *et al*. (2017) An Assessment of the Global Impact of 21st Century Land Use Change on Soil Erosion. Nature Communications, 8, Article No. 2013.

Etchevers, J. D., Hidalgo-Moreno, C. Ma. I., Arturo Aguirre-Gómez y Castillo-Valdez, X. 2021. Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. Terra Latinoam vol.39. Chapingo ene./dic. 2021.

Bautista-Cruz J, Angelica; D. Etchevers; Rafael F del castillo; Ma. Del Carmen Gutiérrez-Castorena. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas 13(2).

Shaxson Francis. 1999. New Concepts and Approaches to Land Management in the Tropics with Emphasis on Steeplands. Soil Resources, Management and Conservation Service Land and Water Development. FAO Soils Bulletin 75.

Bünemann Else K., Giulia Bongiorno, Zhanguo Bai, Rachel E. Creamer, Gerlinde De Deyn, Ron de Goede, Luuk Fleskens, Thom W. Kuyper, Paul Mäder, Mirjam Pulleman, Wijnand Sukkel, Jan Willem van Groenigen, Lijbert Brussaard. 2018. Soil quality A critical review. https://www.sciencedirect.com/journal/soil-biology-and-biochemistry.

LEONARDITA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADO EN SUSTRATO

Miriam Alejandra Flores-Buendia[1]; Sara Monzerrat Ramírez-Olvera[2]; Víctor Manuel Ordaz Chaparro[2*]

[1]División de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán, Chimalhuacán, Estado de México, México.[2]Posgrado de Edafología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.
Autor para correspondencia: ordaz@colpos.mx

Palabras clave: Ácido húmico, ácido fúlvico, dosis respuesta.

Introducción

La leonardita es un material orgánico sedimentario altamente oxidado que se origina a partir de depósitos de lignito, y que se distingue por su elevada concentración de ácidos húmicos, que presenta un alto contenido de carbono orgánico total, así como un pH que varía entre ligeramente ácido y neutro. Las propiedades fisicoquímicas de la leonardita resultan beneficiosas tanto para el suelo como para el desarrollo de las plantas. (González *et al*., 2017).

En su aplicación agrícola, la leonardita se utiliza principalmente como enmienda orgánica. Uno de sus efectos más destacados es su capacidad para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo. (Nieto, 2010). Esto define una mayor formación y estabilización de agregados edáficos, lo cual favorece la aireación, la infiltración y la retención de agua, aspectos clave para el desarrollo óptimo de los cultivos.

Los ácidos húmicos presentes en la leonardita actúan también como potentes bioestimulantes. Promueven el crecimiento, estimulando tanto la elongación como la ramificación de las raíces, lo que permite una mejor distribución en el suelo y una absorción más eficiente de macro y micronutrientes. Además, mejoran la actividad microbiana en la rizosfera, lo que genera una sinergia positiva en el ecosistema del suelo, fortaleciendo la salud del cultivo y su capacidad de adaptación frente a condiciones adversas como la salinidad o la sequía (Nieto, 2010).

Los ácidos fúlvicos presentan diferencias estructurales: son de menor peso molecular y más solubles en agua a distintos rangos de pH. Esta alta solubilidad les permite actuar como agentes quelantes, movilizando micronutrientes en el suelo y facilitando su absorción por las plantas. La combinación de los ácidos húmicos y fúlvicos potencia la respuesta fisiológica de las plantas. (Ochoa *et al*., 2017).

En este contexto, el cultivo de chile jalapeño (Capsicum annuum) representa un buen modelo para evaluar el impacto agronómico de compuestos húmicos com
o los presentes en la leonardita. El chile jalapeño es un cultivo hortícola de alta demanda tanto en su forma fresca como procesada, y posee una importante relevancia económica, particularmente en regiones rurales donde constituye una fuente de empleo y dinamización productiva (Villalón *et al*., 2010). Además de su valor comercial, el chile jalapeño destaca por su aporte nutricional de vitaminas y antioxidantes, lo que refuerza su importancia en la seguridad alimentaria (Cedillo *et al*., 2021). La aplicación de leonardita en el cultivo de chile jalapeño puede contribuir significativamente a mejorar los rendimientos, reducir la dependencia de insumos químicos y favorecer la salud del suelo a largo plazo.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en condiciones controladas de invernadero. Se empleó un sustrato experimental conformado por una mezcla homogénea de espuma de polifenol y tezontle en proporción 1:1 (v/v), en la que se incorporó Leonardita al 1.5% como enmienda orgánica. La mezcla fue colocada en macetas de polietileno negro con un volumen de 10 L. Las partículas de tezontle utilizadas presentaron un tamaño superior a 1 cm de diámetro, mientras que los fragmentos de espuma fenólica mostraron dimensiones mayores a 2 cm. Como planta modelo se utilizaron plántulas de chile jalapeño (*Capsicum annuum)*, con una edad fisiológica de 30 días tras la germinación. Las plantas fueron mantenidas bajo un régimen de fertirrigación, aplicando solución nutritiva Steiner modificada. La concentración iónica de la solución fue ajustada de manera progresiva, de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo, con el fin de satisfacer las demandas nutricionales específicas a lo largo del desarrollo. La cosecha de frutos se inició a los 110 días después del trasplante (DDT), momento en que los frutos alcanzaron el estado de madurez fisiológica. Se realizaron tres cosechas adicionales a intervalos regulares de siete días. En cada corte se registraron variables morfométricas de los frutos, incluyendo peso fresco, longitud y diámetro del fruto.

Adicionalmente, la altura de las plantas fue monitoreada en cuatro evaluaciones sucesivas a lo largo del ciclo experimental, hasta alcanzar los 120 días post-trasplante. A los datos obtenidos en cada variable se les verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y se realizó en análisis de varianza y (ANOVA), y la prueba de comparación de medias Tukey.

Resultados y discusión

La aplicación de leonardita en plantas ha demostrado efectos positivos en el crecimiento vegetal, especialmente al influir en el rendimiento y la calidad de diversos cultivos agrícolas. En el presente estudio, la adición de un 1.5 % de leonardita al sustrato resultó en un incremento del peso fresco del fruto en comparación con el tratamiento testigo (sin leonardita). Sin embargo, los parámetros de rendimiento total, así como las dimensiones del fruto (ancho y longitud), presentaron valores inferiores respecto al testigo.

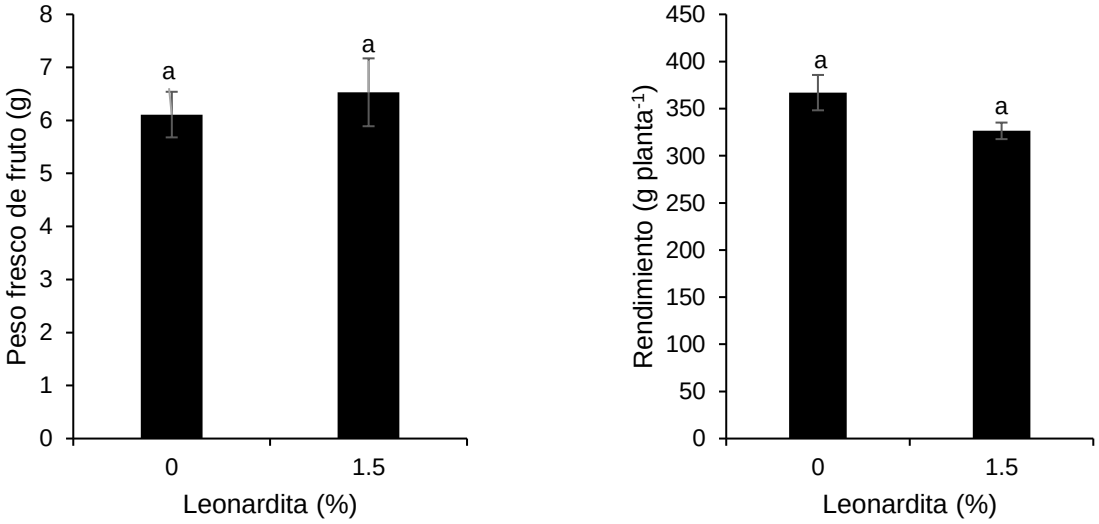


Figura 1. Peso fresco (A), rendimiento (B) de frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum)* producido en sustrato con 0 y 1.5 % de leonardita. Medias ± EE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, p ≤ 0.05).

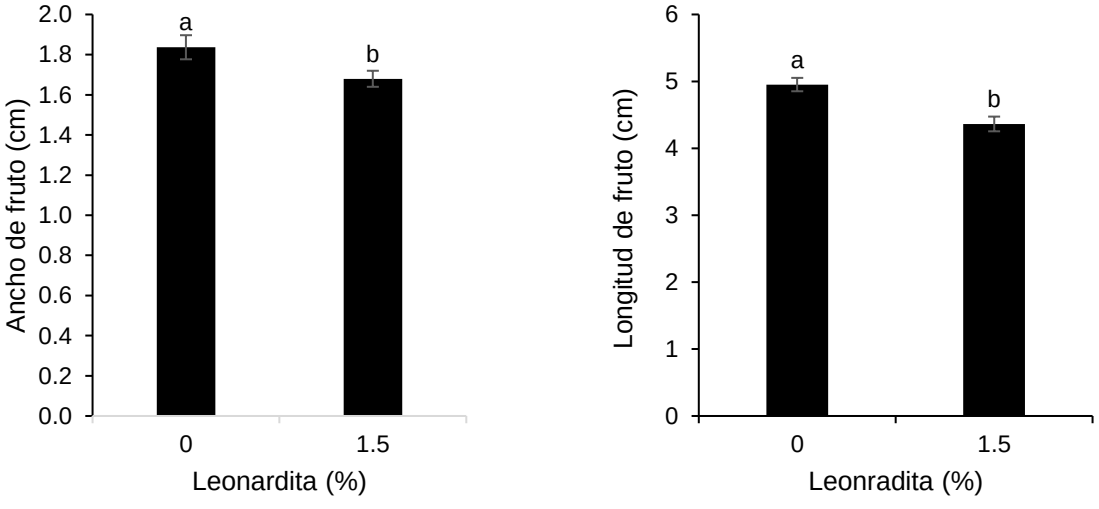


Figura 2**.** Ancho (A) y longitud (B) de frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum),* producido en sustrato con 0 y 1.5 % de leonardita. Medias ± EE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, p ≤ 0.05).

Conclusiones

La aplicación de leonardita en sustratos ha demostrado un incremento en el peso fresco del fruto. Sin embargo, no se observaron efectos significativamente positivos sobre el rendimiento total, ni en las dimensiones del fruto (ancho y longitud). Por lo tanto, será necesario continuar con su evaluación, especialmente en relación con su influencia en la absorción de nutrientes.

Referencias bibliográficas

Cedillo, E., Martinez, L., Casiano, H., Padilla, D., Rodríguez, M. (2021). Manual de producción de chile jalapeño *(Capsicum annuum)* bajo invernadero. México. Universidad Autónoma de México

González, M., Jiménez, L., Yánez, W., Parducci, P. (2017). Potencial uso de la leonardita para el cultivo de rosa en condiciones de invernadero. Agronomía Costarricense, 42(1), 155-162.

Nieto, S. (2010). Estabilidad de ácidos húmicos y su influencia en la interacción con Cu (II) y Pb (II).

Ochoa, J. & Licona, G. (2017). Efecto del uso de ácidos húmicos, fúlvicos y su interacción con fertilizante nitrogenados en el crecimiento de café *(Coffea arabica L.)* en vivero. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.

Villalón, H., Aguilar, J., Ltournerie, L., Ramírez-, M., López, P., Corona, T. y Aguilar, V. (2010). Los Chiles de México y su Distribución. Texcoco, Mexico: Colegio de Postgraduados.

EFECTO DE LIXIVIADO DE LOMBRIZ ENRIQUECIDO CON *Trichoderma* sp. EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE JITOMATE

Petra Andrade-Hoyos[1], Daniela Vergara-Giles[2], Carolina Almanza-López[3], Juan Francisco Patricio-Paredes[4*], José Alberto Urrieta-Velázquez[5*], Eduardo Molina-Gayosso[6], Viviana Ramírez-Bravo[2], Diana Cedeseño-Garza[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatepec, Morelos; [2]Tecnológico Nacional de México, Campus Zacatepec; [3]Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco; [4]Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias; [5]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-RASPA, Gómez Palacio, Durango, México; [6]Universidad Politécnica de Puebla.
*Autor para correspondencia: juanpato_1820@hotmail.com y urrieta.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Producción, sustentable, invernadero, bioproductos.

Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es originario de las costas andinas de Sudamérica, aunque su domesticación ocurrió en México. Actualmente, México se posiciona a nivel mundial como el séptimo país con una producción anual de más de tres millones de toneladas (SIAP, 2025). Actualmente, los costos de producción han tenido incrementos debido al aumento de los precios en los fertilizantes minerales solubles (Guzmán *et. al.*, 2016). El uso intensivo de agroquímicos ha generado efectos colaterales como fitotoxicidad, resistencia de plagas y alteraciones edáficas (Montes *et al.,* 2010). Algunos compuestos no pueden ser biodegradados y persisten por largos periodos cambiando, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, afectando la permeabilidad, pH, biodiversidad y la erosión del mismo, llegando incluso, a modificar ciclos biogeoquímicos (Jaimes-Díaz *et al*., 2021). Como estrategia sustentable, se han propuesto el empleo de bioinsumos como los lixiviados de humus de lombriz en diferentes dosis y el uso de *Trichoderma* sp. que actúan como bioestimulantes y agentes de control biológico. *Trichoderma* sp. es un hongo filamentoso con alta afinidad por la rizósfera; presenta modos de acción como micoparasitismo, competencia por espacio y nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos, y la inducción sistémica de defensas (Correa, 2013). Su acción sinérgica con enmiendas orgánicas puede optimizar la nutrición y protección del cultivo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de un bioestimulante compuesto por tres concentraciones de lixiviado de lombriz combinado con *Trichoderma* sp. en donde la variable evaluada fue rendimiento de jitomate en condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Con la finalidad de aislar especies endófitas nativas de *Trichoderma* sp. se colectaron tallos de jitomate en el estado de Morelos, se trasladaron al laboratorio de Microorganismos del INIFAP (Zacatepec). Los tallos se lavaron con agua del grifo, se cortaron trozos pequeños y se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1%, durante 3 minutos y en seguida dos veces consecutivas en agua destilada estéril durante dos minutos Finalmente, se sembraron fragmentos de 0.5 cm de largo en cajas Petri con medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar), las cajas se incubaron a 28 °C por un período de 72 h en oscuridad y 192 h en luz. Los crecimientos a partir del segmento sembrado fueron tomados y cultivados por separados nuevamente en medio PDA. Las características macroscópicas de las colonias como color y textura de micelio, así como la formación de anillos concéntricos, fue el primer criterio de selección de los aislamientos que fueron corroborados con las características microscópicas como forma de conidios, fiálides y clamidosporas. El aislamiento de Trichoderma fue multiplicado en medio de cultivo PDA hasta la formación de conidios. Los conidios fueron lavados de cada caja Petri con agua destilada estéril, se realizó conteo con cámara de Neubauer y la solución final se ajustó a $1X10^7$.

El experimento se estableció en invernadero ubicado en el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatepec, Morelos. Semillas de jitomate de la variedad Castella® se sembraron en charolas con sustrato peat moss. Seis días después de la siembra, se observó la germinación. Mientras las plántulas crecían, se les aplicó jabón potásico con aceites esenciales de romero, lavanda y tomillo, esto para prevenir plagas como la mosquita blanca. El trasplante se realizó 41 días después de la siembra, las plántulas se trasplantaron a surcos de 36 metros de largo en suelo, con una distancia entre plántulas de 45 cm.

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos, cuatro repeticiones en donde cada unidad experimental contenía 10 plantas de jitomate. Los tratamientos fueron: lixiviado de lombriz más *Trichoderma* sp. al 100%; lixiviado de lombriz más inoculo de *Trichoderma* sp. al 50%; lixiviado de lombriz al 25% con *Trichoderma* sp. al 75%; lixiviado al 100%; *Trichoderma* sp. 100% y un control con agua.
Previo a la preparación y aplicación de los tratamientos, se comprobó el porcentaje de colonización y viabilidad de *Trichoderma* en el lixiviado de lombriz. Se realizó la simulación de los tratamientos en seis matraces, cada uno con las concentraciones de lixiviado más las concentraciones de *Trichoderma* sp., después de 30 días se inoculo 1 mL de cada concentración en tres cajas Petri para evaluar las unidades formadora de colonias, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\mathbf{UFC}}{\mathbf{mL}} = (\text{Número de colonias} * \text{Factor de dilución}) \div \text{Volumen de la placa}$$

Donde, el número de colonias es el recuento total de colonias visibles en una placa de cultivo; el factor de dilución es la proporción en la que se ha diluido la muestra original, que fue 1:10, siendo el factor de dilución 10, el volumen de la placa es el volumen de la muestra que se extendió en la placa de cultivo (1 mL).

Una vez realizado el bioensayo y comprobar la colonización y viabilidad del *Trichoderma* sp. crecido en lixiviado de lombriz, se preparó 20 litros de lixiviado de lombriz enriquecido con *Trichoderma* sp. de cada concentración según el tratamiento. De los tratamientos preparados se aplicó 100 mL del biopreparado cada 8 días a cada unidad experimental según el tratamiento.
Las evaluaciones se realizaron en cada corte registrando el rendimiento de cada tratamiento, en total se realizaron 6 cortes durante el ciclo de producción. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey ($p< 0.05$), con el programa estadístico Statistical Analysis Software (SAS) v.9 para Windows®.

Resultados y discusión
El mayor número de unidades formadoras de colonias de *Trichoderma* sp. se cuantificó en la dilución 50%:50%, la cual fue estadísticamente mayor con respecto a la dilución 25%:75% y solo al lixiviado 100% ($\alpha=0.05$). Con ello es importante resaltar que *Trichoderma spp*. utiliza el lixiviado de lombríz como fuente de energía para su proliferación (Figura 1).

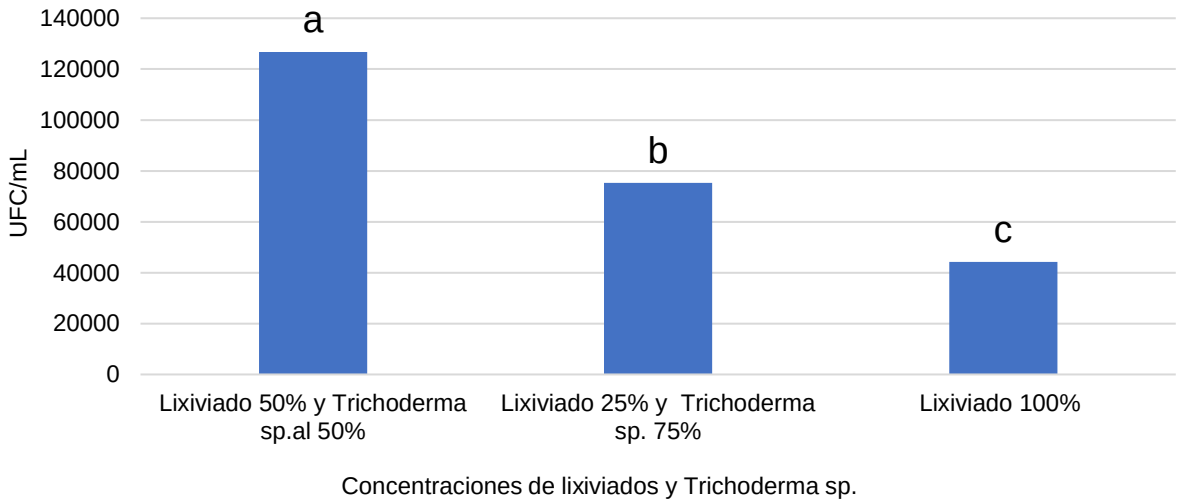


Figura **1.** Concentración de los conidios (UFC g-1) de *Trichoderma* sp. en tres concentraciones de lixiviado de lombriz durante 30 días.

El beneficio del uso de lixiviado de lombriz en combinación con *Trichoderma spp*. se observa en el Cuadro 1, donde a partir del segundo corte hay una diferencia estadística significativa del tratamiento 1 (Lixiviado 100%+ *Trichoderma* sp. 100%) con respecto al resto de los tratamientos, siendo el Testigo con solo agua

el más bajo. En general, los tratamientos donde se combinó lixiviado de lombriz con *Trichoderma sp.* registraron mayor rendimiento en los cortes del 2 al 4 (Cuadro 1).

Cuadro **1.** Rendimiento por hectárea de jitomate tipo bola variedad Castella® y el efecto de la aplicación de lixiviado de lombriz enriquecido con *Trichoderma* sp.

Tratamientos	**Producción de jitomate (ton ha^{-1})**			
	Corte 1	**Corte 2**	**Corte 3**	**Corte 4**
Lixiviado 100% y*Trichoderma* sp. 100%	0.9375 a	6.771 ab	12.666 ab	14.849 a
Lixiviado 50% y *Trichoderma* sp. 50%	1.0575 a	4.168 b	7.861 bc	7.958 ab
Lixiviado 25% *Trichoderma* sp.75%	0.8175 a	4.510 ab	7.543 c	5.791 b
Lixiviado 100%	1.6000 a	7.612 b	12.602 ab	13.970 ab
Trichoderma 100%	1.0575 a	6.479 ab	13.764 a	13.851 ab
Control agua	0.9625 a	4.862 ab	10.132 abc	10.825 b

*Cada dato es promedio de cuatro repeticiones, las letras minúsculas indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de diferencia de medias de Tukey (α=0.05).

Conclusiones

La combinación de lixiviado de lombriz y *Trichoderma* sp. (50 : 50%) favorece la proliferación de este hongo. La aplicación combinada de lixiviado de lombriz y *Trichoderma* sp. mejora el rendimiento del jitomate en cada corte de frutos, a partir del segundo corte, siendo el tratamiento Lixiviado 100% más *Trichoderma* sp. 100% el que presentó mayor rendimiento por corte de frutos.

Referencias bibliográficas

Correa, O. (2013). Los microorganismos del suelo y su rol indiscutido en la nutrición vegetal. Aportes de la microbiología a la producción de los cultivos. Editorial de la Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina, 1-11.

Guzmán-Plazola, Paulina, Guevara-Gutiérrez, Rubén Darío, Olguín-López, José Luis, & Mancilla-Villa, Oscar Raúl. (2016). Peasant perspective, poisoning by pesticide and agrochemical usage. *Idesia (Arica)*, *34*(3), 69-80. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300009

Jaimes-Díaz, H. G., Suárez-Chacón, I., & Torres-Romero, J. C. (2021). El compostaje: Una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por agroquímicos para el pequeño productor. Ciencias Agropecuarias, 7(1), 51-67.

Montes, L. P. B., Waliszewski, S., Hernández-Valero, M., Sanín-Aguirre, L., Infanzón-Ruiz, R. M., & Jañas, A. G. (2010). Exposición prenatal a los plaguicidas organoclorados y criptorquidia. Ciência & Saúde Coletiva, 15, 1169-1174.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2024). Panorama agroalimentario, la ruta de la transformación agroalimentaria 2018-2024 pág. 88-89, México. [En línea]. Disponible en en: https://online.pubhtml5.com/rsarc/ywrn/ (consultado el día 30 de abril de 2025).

PRODUCCIÓN DE TRIGO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOSIS CRECIENTES DE UN BIOFERTILIZANTE

Aurelio Báez-Pérez[1]* y Edgar Adrián Olivares-Arreola[2]

[1]Campo Experimental Bajío, INIFAP; [2]Campus Roque, TNMX.
*Autor para correspondencia: baez.aurelio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cereales, bioles, fertilización orgánica.

Introducción

Los bioles son biofertilizantes líquidos producidos a partir de materia orgánica fermentada de manera anaerobia en biodigestores. La elaboración y aplicación de éstos, en la agricultura, implica prácticas agroecológicas que contribuyen con la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola. Diversos estudios han mostrado que, el uso de bioles como fertilizantes orgánicos es una alternativa ecológica y puede complementar la fertilización química, promover el crecimiento saludable de las plantas y contribuir con el mejoramiento de la fertilidad del suelo (Cano-Hernández, *et al*., 2016; Rojas-Espinoza *et al*., 2023). Sin embargo, hace falta estudios sobre las dosis específicas y frecuencia de aplicación, lo cual varía según el tipo de cultivo, la etapa fenológica y las condiciones edáficas y climáticas de los sistemas de producción agrícola. El efecto de su aplicación en los cultivos no siempre es consistente; existen variaciones en la calidad y efectividad del producto inherentes a factores como la materia prima utilizada, el proceso de elaboración y las condiciones del almacenamiento. Los bioles son biofertilizantes ricos en microorganismos beneficiosos para las plantas, principalmente bacterias y hongos. Entre los géneros bacterianos más relevantes se encuentran *Bacillus*, *Streptomyces*, *Pseudomonas* y *Lactobacillus*, mientras que a nivel de especies fúngicas destacan géneros como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Trichoderma*. Estos microorganismos desempeñan un papel crucial en el proceso de fermentación y pueden contribuir a las propiedades benéficas de los bioles, como promover el crecimiento vegetal (Villacís-Aldaz, *et al*., 2016). Es por ello que manejo y almacenaje de estos biofertilizantes es de suma importancia para mantener vivos los microorganismos. El propósito de este estudio fue evaluar el rendimiento de trigo de invierno por efecto de dosis crecientes de un Biol.

Materiales y métodos

Sitio de estudio. El ensayo se estableció en otoño-invierno 2020-2021 en el Campo Experimental Bajío, en Celaya, Guanajuato, el cual se ubica a los 20.58343134772042 LN y -100.82804467089922 LO, a una altitud de 1767 m. El clima de la región es semicálido seco BS1hw (W)(e)q. La temperatura media anual fue de 20.6°C, y la precipitación pluvial media anual es de 597 mm. El tipo de suelo fue un *Vertisol pelico*.
Descripción de tratamientos y diseño experimental. Se estableció un ensayo de trigo de invierno con disponibilidad de riego, para evaluar el efecto de dosis crecientes de un biosólido. La descripción de los tratamientos se presenta en el Cuadro 1. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La comparación de medias fue mediante la prueba de Tukey (α=0.05).

Cuadro 1. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Producto	Dosis (L ha^{-1})	N-P-K (unidades ha^{-1})
1	Testigo absoluto	0	00-00-00
2	Testigo químico	0	230-100-50
3	Biol	100	00-00-00
4	Biol	50	230-100-50
5	Biol	100	230-100-50
6	Biol	150	230-100-50

Descripción del Biol. El Biol, en estudio, se produjo a partir de materiales orgánicos obtenidos en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF), lo cual se refiere a instalaciones autorizadas para el sacrificio, procesamiento, envasado, empacado, refrigeración o industrialización de productos de origen animal, como

carne, con el objetivo de garantizar la calidad e inocuidad para el consumo humano. Como materia prima el Biol contiene sangre, excretas o estiércol de res, aguas residuales con lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales del propio rastro, todo esto haciendo una mezcla que pasa a un biodigestor anaerobio donde pasa por un proceso de digestión anaerobia. Adicionalmente se enriquece con cenizas de leña y potasa. Dando como resultado un producto en estado líquido, espeso, de olor fuerte, inocuo y con algunos sedimentos de las cenizas adicionadas. Las especificaciones del Biol indicaron que el líquido que contenía microorganismos benéficos para las plantas y nutrientes que contribuyen con el desarrollo y sanidad del cultivo.

Manejo agronómico. Se sembró trigo, variedad Alondra F2014 en surcos de 0.80 m de ancho a doble hilera, el 29 de diciembre de 2020. Sólo se aplicó nitrógeno en los tratamientos correspondientes, la fuente de este elemento fue urea. El Biol se aplicó de manera foliar en las dosis correspondientes en cada tratamiento Se aplicó para control de malezas de hoja angosta flucarbazone sódico + clodinafop-propargil, a razón de 1 L ha^{-1}. Se aplicaron cuatro riegos a los 0, 40, 75 y 100 después de la siembra.

Resultados y discusión

Los resultados de los componentes de rendimiento se presentan en el Cuadro 2. El número de tallos no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$), éstos fluctuaron entre 287 y 349 tallo m^{-2}. El número de espigas correspondió con entre 80 al 85 % del número de tallos. La altura de planta fluctuó entre 72.0 y 80.4 cm, en promedio, pero no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.05$). En rendimiento de grano, biomasa aérea e índice de cosecha si hubo difencias significativas entre tratamientos ($p<0.5$). Los tratamientos sin aplicación de fertilizante químico (1 y 3) tuvieron los valores más bajos; mientras que los tratamientos con aplicación de urea fueron semejantes entre sí (2, 4, 5 y 6).

Cuadro 2. Resultados de componentes de rendimiento.

Tratamiento	Número		Altura	Longitud	Peso	Biomasa	IC
	tallos	espigas	planta	espigas	grano	aérea	
	m^{-2}		cm		t ha^{-1}		
1	287a	282a	75.6a	8.0a	3.2b	10.5b	0.30b
2	349a	344a	78.6a	8.8a	6.1a	14.6a	0.42a
3	314a	308a	72.0a	8.1a	4.2b	10.7b	0.36b
4	311a	305a	77.5a	8.2a	5.2a	12.4a	0.42a
5	321a	314a	80.4a	8.6a	5.5a	12.8a	0.43a
6	312a	308a	79.3a	8.6a	5.2a	12.3a	0.42a

Lo anterior indica que la producción de trigo, biomasa aérea e índice de cosecha no mostraron efecto por la aplicación de las dosis crecientes del Biol (50, 100 y 150 L ha^{-1}). El rendimiento de grano en el tratamiento testigo, sin aplicación de fertilizante (1), alcanzó 3.2 t ha^{-1}. El tratamiento 3, sin aplicación de urea y con 100 L ha^{-1} del Biol tuvo un rendimiento de grano de 4.2 t ha^{-1}, ligeramente mayor, numéricamente, con el tratamiento 1, pero estadísticamente semejante ($p<0.05$). En contraste los demás tratamientos, con aplicación de 230 unidades de N ha^{-1} tuvieron una producción de grano de entre 5.2 y 6.1 t ha^{-1}, lo cual claramente es atribuible a la aplicación de urea. El Biol, como otros biofertilizantes y fertilizantes orgánicos, tiene bajos contenidos de N, por lo cual no pueden satisfacer el requerimiento de este cereal, que tiene una alta demanda de este elemento para su nutrición. La aplicación de Bioles, al menos en la producción de cereales, deben aplicarse como un complemento de la fertilización química nitrogenada, como sugieren algunos estudios (Rojas-Espinosa *et al*., 2023)

Conclusiones

Con base en los resultados en la producción de trigo de presente estudio, las aplicaciones en dosis crecientes del Biol o su aplicación sin complemento de fertilizante químico, no promovió la producción de este cereal. La alta demanda de nitrógeno por el cultivo, para este nivel de producción (más de 6 t ha^{-1}), no satisface los requerimientos nutricionales de este elemento, por lo cual es importante considerar un complemento importante de fertilizante químico.

Agradecimientos
Agradecemos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento otorgado para el presente estudio

Referencias bibliográficas

Cano-Hernández, M., Bennet-Eaton, A., Silva-Guerrero, E., Robles-González, S., Sainos-Aguirre, U., & Castorena-García, H. (2016). Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovinas y porcinas. Agrociencia, 50, 471-479.

Rojas-Espinoza, B.F., M.A. Hernández-Chontal, N. Rodríguez-Orozco y A. Linares-Gabriel. 2023. Concentración de nutrientes de dos formulaciones de fertilizantes fermentados (bioles) elaborados con insumos locales. Terra Latinoamericana 41:1-7.

Villacís-Aldaz, L., L. Chungata y L.O. Pomboza Pablo. 2016. Compatibilidad y tiempo de sobrevivencia de cuatro microorganismos benéficos de uso agrícola en Biol. Nota técnica en Journal of the Selva Andina Biosphere 4(1):39-45.

RENDIMIENTO DEL MAÍZ Y MEJORA DEL SUELO MEDIANTE FERTILIZACIÓN MIXTA Y PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN AGRÍCOLA

Edgar Adrian Olivares-Arreola[1*], Aurelio Báez-Pérez[2], Sergio Gómez-Rosales[2], Juan Carlos Raya-Pérez[1], Cesar Leobardo Aguirre-Mancilla[1]

[1]TECNM ROQUE, ITR;[2] CEBAJ, INIFAP; [3]CENID FISIOLOGÍA, INIFAP.
Autor para correspondencia: edgar.oa@roque.tecnm.mx

Palabras clave: Conservación, suelo, abonos orgánicos.

Introducción

La región del Bajío, reconocida como uno de los principales pilares agrícolas de México, tiene en el cultivo de maíz una de sus actividades más importantes para el sustento económico y social. La presión por incrementar la producción de este grano básico ha impulsado el uso intensivo de fertilizantes químicos, en particular los nitrogenados, lo que ha permitido alcanzar altos rendimientos en el corto plazo. Sin embargo, este modelo productivo ha traído consigo consecuencias negativas, como el empobrecimiento progresivo de los suelos, la pérdida de materia orgánica, el deterioro de la estructura edáfica y la contaminación de fuentes de agua por el arrastre de nutrientes y agroquímicos. En este contexto, la degradación de los suelos agrícolas y la disminución de su fertilidad representan desafíos críticos para la sostenibilidad de la producción en el Bajío. La adopción de prácticas de conservación agrícola, junto con el uso de enmiendas orgánicas como estiércol, composta y lombricomposta, surge como una alternativa viable para restaurar la salud del suelo, mejorar su capacidad de retención de agua y promover la actividad biológica, factores clave para la resiliencia de los agroecosistemas (Lei-Wang 2020). Estas enmiendas, al integrarse con la fertilización química, pueden complementar el suministro de nutrientes y contribuir a una mayor eficiencia en el uso de los recursos, favoreciendo tanto el rendimiento del maíz como la regeneración de la calidad del suelo (Álvarez-Solís, 2010). No obstante, la eficacia de la fertilización mixta depende de la adecuada proporción y manejo de los insumos, así como de su integración con prácticas de conservación que reduzcan la erosión y mantengan la cobertura vegetal. Por ello, es fundamental evaluar el impacto de estas estrategias combinadas en las condiciones específicas del Bajío, con el fin de identificar esquemas de manejo que permitan alcanzar altos rendimientos sin comprometer la sostenibilidad ambiental. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación combinada de estiércol, composta y lombricomposta con fertilización química sobre la producción de maíz en agricultura de conservación.

Materiales y métodos

Sitio de estudio. El ensayo se estableció en el Tecnológico Nacional de México, campus Roque, en Celaya, Guanajuato, el cual se ubica a los 20.58343134772042 LN y -100.82804467089922 LO, a una altitud de 1767 m. El clima de la región es semicálido seco BS1hw (W)(e)q. La temperatura media anual es de 20.6 °C, y la precipitación pluvial media anual es de 597 mm. El tipo de suelo fue un *Vertisol* de de textura franco-arcillosa (37.82 % de arena), pH alcalino (7.8), con bajo contenido de materia orgánica (1.34 %) y alto contenido de K, Ca y Mg. El contenido de P extractable fue mediano (28.53 mg kg^{-1}) y el de N inorgánico ($N\text{-}NO_3$ + $N\text{-}NH_4$) fue elevado (71.19 mg kg^{-1}).

Abonos orgánicos y prácticas de agricultura de conservación. La composta tuvo 216 mg kg^{-1} de N inorgánico, 1.35 % de P_2O_5 y 1.36 % de K; el estiércol 72 mg kg^{-1} de N inorgánico, 0.3 % de P_2O_5 y 0.6 % de K; la lombricomposta 102 mg kg^{-1} de N inorgánico, 1 % de P_2O_5 y 2 % de K. En cuanto al manejo previo de la parcela, durante los ciclos Otoño-Invierno (OI) 2023 y 2024 se cultivó trigo, dejando los rastrojos en el campo tras la cosecha. Posteriormente, en el ciclo Primavera-Verano (PV) 2023 se sembró maíz, manteniendo también los rastrojos en el suelo. Para efectos del estudio, el año 0 corresponde a 2023 y el año 1 a 2024.

Temperatura y precipitación. Las condiciones de temperatura y precipitación durante 2024 fueron excepcionalmente cálidas y secas, respectivamente, Las temperaturas máximas alcanzaron 45 °C durante mayo. El volumen de lluvia fue de 388 mm, y el 85 % de ésta cayó entre junio y septiembre.

Descripción del experimento. Se evaluaron ocho tratamientos con distintos tipos de abono orgánico, la descripción se presenta en el Cuadro 1. Se aplicó estiércol, composta y Lombricomposta, todos de origen porcino, combinados con fertilizante urea en la producción de maíz. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1. El experimento se estableció en bloques al azar con tres repeticiones. Las unidades Las

unidades experimentales constaron de 6 surcos de 0.75 m de ancho por 13 m de longitud, es decir, 58.5 m2. La comparación de medias se analizó por el método de Tukey con un α= 0.05.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos con e agricultura de conservación

Tratamiento	Estiércol	Composta t ha^{-1}	Lombricomposta	N Unidades ha^{-1}
1	0	0	0	175
2	3.6	0	0	175
3	7.2	0	0	175
4	0	3.6	0	175
5	0	7.2	0	175
6	0	0	3.6	175
7	0	0	7.2	175
8	0	0	0	350

Manejo agronómico. Se sembró maíz variedad Ares de la empresa UNISEM el 3 de julio de 2024, en fecha tardía. En surcos de 0.75 m de ancho sobre residuos de cosecha de trigo. Se aplicaron solamente tres riegos: a los 0, 86 y 159 días después de la siembra. La urea se aplicó la mitad a la siembra y la otra mitad durante el "reabone", los abonos orgánicos de estiércol, composta y lombricomposta se incorporaron previo a la siembra. Se aplicó el herbicida selectivo Laudis (1 L ha^{-1}) para control de pastos y Gesaprim calibre 90 (1 kg ha^{-1}), para control de malezas de hoja ancha. Se aplicaron 250 mL ha^{-1} de clorantraniliprol (insecticida "Perseo") para control de gusano cogollero (*Spodoptera frigiperda*).
Parámetros agronómicos. Se evaluaron los siguientes componentes de rendimiento: población de plantas, número de mazorcas, número de mazorcas por planta, altura de planta, rendimiento de grano, biomasa aérea e índice de cosecha.

Resultados y discusión

Los resultados de los componentes de rendimiento mostraron que no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en los parámetros evaluados ($p<0.05$) por efecto de los tratamientos. (Cuadro 2). La población fluctuó entre 52,000 y 68,000 plantas ha^{-1}. Se observó que hubo entre 1.0 y 1.4 mazorcas planta^{-1}. La producción promedio de maíz osciló entre 9.3 y 10.2 t ha^{-1}. La variación experimental fue de 11.5 %. El tratamiento con 3.6 t ha^{-1} de estiércol (2) y 175 unidades de N ha^{-1} fue el de mayor productividad, con respecto a los demás tratamientos. El uso de abonos orgánicos y las prácticas de agricultura de conservación contribuyen necesariamente, a mediano plazo, con el aumento de las reservas orgánicas del suelo y el mejoramiento de su fertilidad (Medina-Guerrero *et al*., 2015), por lo cual, aunque tenga un costo es necesario aplicar continuamente abonos orgánicos al suelo. La biomasa aérea fluctuó entre 20.2 y 26.2 t ha^{-1}; no hubo diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) entre tratamientos, factores de estudio e interacción entre éstos. La variación experimental fue de 12.6 %. El comportamiento fue semejante a lo explicado en rendimiento de grano.

Cuadro 2. Resultados de componentes de rendimiento.

Tratamiento	Número			Altura	Peso		IC
	plantas m^2	M	M	planta m	grano	Biomasa	
		planta^{-1}			t ha^{-1}		
1	5.2a	6.4a	1.2a	2.3a	9.3a	21.7a	0.43a
2	6.5a	7.6a	1.2a	2.6a	10.2a	26.2a	0.39a
3	5.9a	6.8a	1.2a	2.5a	9.3a	20.2a	0.46a
4	5.2a	7.3a	1.4a	2.6a	10.1a	24.0a	0.42a
5	6.3a	6.9a	1.1a	2.7a	9.6a	24.8a	0.4
6	6.8a	6.8a	1.0a	2.7a	9.1a	26.2a	0.35a
7	5.8a	6.3a	1.1a	2.4a	9.4a	22.5a	0.42a
8	5.8a	7.3a	1.3a	2.6a	9.5a	21.8a	0.44a
R^2	**0.67**	**0.35**	**0.68**	**0.75**	**0.6**	**0.69**	**0.7**
Coef. de variación (%)	**15**	**23.1**	**15.4**	**5.9**	**11.5**	**12.7**	**9.7**

*Letras iguales son estadísticamente semejantes (α=0.05).

Conclusiones

El rendimiento de maíz, bajo las condiciones edáficas, climáticas y de manejo agronómico evaluadas, indicó que con sólo la aplicación 175 unidades de N ha^{-1} se tuvo la mayor productividad. Sin embargo, el uso de abonos orgánicos y las prácticas de agricultura de conservación contribuyen necesariamente, a mediano plazo, con el aumento de las reservas orgánicas del suelo y el mejoramiento de su fertilidad. La siembra tardía restringió el potencial productivo del cultivo.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos al Tecnológico de Roque por facilitar la parcela experimental para este estudio. También reconocemos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento recibido a través del proyecto SIGI 14255136374, titulado “Contribuciones tecnológicas para incrementar la eficiencia de reciclaje de minerales ‘de la granja a la tierra’ usando opciones nutricionales y de manejo de estiércol en porcicultura”, que fue clave para la realización de esta investigación.

Referencias bibliográficas

Álvarez-Solís, J.D., D.A. Gómez-Velasco, N.S. León-Martínez, F.A. Gutiérrez-Miceli. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. Agrociencia 44: 575-586.

Wang L, Qin T, Liu T, Guo L, Li C, Zhai Z. Inclusion of microbial inoculants with straw mulch enhances grain yields from rice fields in central China. Food Energy Secur. 2020; 9:e230. https://doi.org/10.1002/fes3.230Armas-Vega, F.V. 2024. Beneficios de la agricultura regenerativa en la salud del suelo. Reciamuc 31: 665-677. https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1428. Fecha de consulta: 23/04/2025.

Medina-Guerrero, M. de L., G.A. Zanor y J.A. Suárez-Mendoza. 2015. Evaluación de un bioabono orgánico enriquecido para el mejoramiento de suelos arcillosos del estado de Guanajuato. Jóvenes en la Ciencia 11(2):89-93.

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA LA EXTRACCIÓN DE LIGNINA

Alejandro Perez-Rosales[1]*; Alma Velia Ayala-Garay[2]; Roberto de la Cruz Díaz-Juárez[1]; Oscar Martín Antúnez-Ocampo[3]

[1]Campo Experimental Zacatepec, [2]Campo Experimental Valle de México, [3]Campo Experimental Iguala, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
*Autor para correspondencia: rosales.alejandro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Carbono recalcitrante, humus, órgano-mineral.

Introducción

Comúnmente la lignina es un subproducto de la industria papelera (70000 t año^{-1}) y biorrefinerías, cuyo uso es la producción de energía de bajo costo y materia prima para la fabricación de productos químicos, debido a su estructura, obtención y aislamiento. Se ha estimado en residuos de trigo rendimientos del 20.81 %, lo que equivale a 1.24 t de lignina ha^{-1}, en rastrojos de maíz y arroz, su rendimiento es de 15.0 y 12.3 %, respectivamente. La lignina se aprovecha como coagulante, dispersante, adhesivos, bioplásticos, aditivo para fertilizantes de lenta liberación, insecticidas, saborizantes (vainillina) agente de curtido, alimento para ganado, precursor para la producción de carbón activado y adsorbente para la eliminación de metales en el agua (Zn, Fe y Cu). Anualmente se producen de 0.5 a 3.6 Gigatoneladas de lignina a nivel mundial, se estima que para el 2025 la producción de lignina de pulpa de papel alcance los 66 millones de toneladas, su precio oscila entre los 50 y 500 USD por tonelada. El 85 % de su producción se concentra en 5 empresas a nivel mundial (Nadányi *et al*., 2022). La lignina es la principal fuente de ácidos húmicos, estimula la actividad biológica sobre el crecimiento vegetal, tiene la capacidad de interaccionar con iones en los procesos de intercambio, adsorción y quelación; por otro lado, participa en la generación de estructuras granulares, incrementando la retención de agua, nutrientes e interviene en los ciclos biogeoquímicos del N y C. Debido a sus múltiples grupos funcionales que le permiten la adsorción de iones metálicos durante la formación de complejos organominerales entre arcilla-carbono orgánico-iones, mejora la fertilidad del suelo y la biodisponibilidad de los nutrientes (Hu *et al*., 2018). En el área de los fertilizantes la lignina se aprovecha como adsorbente, transportador de nutrientes y cubiertas para fertilizantes de lenta liberación (Liang *et al*., 2023). Con base en lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la concentración de hidróxido de sodio y el tipo de residuo sobre la extracción y rendimiento de lignina.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el laboratorio de suelos del Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, ubicado en Zacatepec, Morelos. Los residuos utilizados fueron tratados a 90°C durante 4 h. en autoclave, con el objetivo de debilitar la estructura lignocelulósica. Posteriormente, se pesaron 8 g (Arni, 2018) de residuos de cascarilla de arroz, estiércol de equino, zacate de maíz seco molido, zacate de maíz fresco picado y hojarasca de pepino, los cuales se mezclaron en 80 ml de una solución alcalina de hidróxido de sodio a diferentes concentraciones (1 %, 2.5 %, 5 %, 7.5 % y 10 %), durante 48 h. a temperatura ambiente. Para obtener la lignina, esta suspensión (licor negro) se precipitó con ácido sulfúrico concentrado hasta alcanzar un pH de 5. Este precipitado se separó por filtración. El exceso de agua presente en el precipitado se eliminó a través de evaporación a 60°C en la estufa de secado. A la lignina precipitada y seca, se le realizaron tres lavados sucesivos con agua y en agitación constate durante 1 h., a fin de reducir las impurezas derivadas de las reacciones químicas. Después del lavado cada muestra se secó y se pesó. Se analizó °Brix, peso de lignina y rendimiento de lignina (%); se utilizó un diseño experimental factorial completamente al azar con 3 repeticiones. Se realizó análisis de varianza y comparación múltiple de medias de Tukey, a través del paquete SAS OnDemand for Academics.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas en la concentración del NaOH, el tipo de residuos, así como en su interacción, sobre los grados °Brix del extracto antes de la precipitación, el peso seco de lignina y el rendimiento de lignina (Cuadro 1). La hidrolisis alcalina con NaOH es un método de sacarificación que rompe azúcares complejos en azúcares simples, lo que provoca cambios en la estructura y accesibilidad de la pared celular de los residuos orgánicos (Kusmiyati *et al*., 2022).

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto de la concentración de NaOH y el tipo de residuo sobre °Brix, peso y rendimiento de lignina.

FV	G.L.	Cuadrado Medio		
		°Brix	PL (g)	Rendimiento Lignina (%)
Concentración de NaOH	4	141.21**	1.53**	238.50**
Tipo de residuo	4	14.73**	3.62**	564.87**
NaOH*residuo	16	3.74**	0.32**	49.67**
Error	50	0.69	0.05	408.23
Total	74			
r^2		0.95	0.91	0.91
CV		13.90	31.82	31.80

FV= Fuente de variación; GL= Grados de Libertad. PL= Peso de lignina. **α=0.01.

La mayor cantidad de °Brix, peso seco y rendimiento de lignina se obtuvieron con la solución de hidróxido al 10 % y 7.5 %, mientras que los residuos con mayor aporte en °Brix, peso seco de lignina y rendimiento de lignina fueron la cascarilla de arroz y el estiércol. Se han reportado rendimientos de lignina en cascarilla de arroz del 12.3 % y del 13 % al 20 % en estiércol, siendo en este caso 10.49 % y 18.83 %, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación múltiple de medias de Tukey de la concentración de NaOH y el tipo de residuo sobre °Brix, peso y rendimiento de lignina.

NaOH (%)	Media			Tipo de residuo	Media		
	°Brix	PL(g)	Rend (%)		°Brix	PL (g)	Rend (%)
10.0	8.33 a	0.83 a	13.36 a	Cascarilla de arroz	7.08 a	0.84 a	10.49 a
7.5	8.25 a	0.99 a	12.47 a	Estiércol	6.97 a	1.51 b	18.83 b
5.0	7.37b	1.0 a	12.52 a	Zacate maíz molido	5.53 b	0.45 cd	5.64 cd
2.5	3.17 c	0.46 b	5.74 b	Zacate maíz fresco	5.15 b	0.56 c	7.00 c
1.0	2.17 d	0.31 b	3.83 b	Hojarasca de pepino	5.06 b	0.24 d	2.95 d
DMS	0.8557	0.2362	2.9525	DMS	0.8557	0.2362	2.95

PL= Peso de lignina. Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes. α=0.05

La interacción entre la concentración de NaOH y el tipo de residuo que obtuvieron el mayor contenido de °Brix fueron el 10 % y cascarilla de arroz, seguida por el 7.5 % y estiércol; mientras que, para el peso y rendimiento de lignina, los mayores valores se determinaron con la concentración del 5 % y el estiércol (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias de Tukey de la interacción entre la concentración de NaOH y el tipo de residuo sobre °Brix, peso y rendimiento de lignina.

Interacción		°Brix	Interacción		PL(g)	Interacción		Rend (%)
NaOH (%)	Residuo		NaOH (%)	Residuo		NaOH (%)	Residuo	
10	CA	11.63d	5	ES	2.01e	5	ES	25.17f
7.5	ES	11.40ad	7.5	ES	1.94be	7.5	ES	24.25bf
10	ES	9.73adg	10	ES	1.73beg	10	ES	21.59bfh
7.5	CA	8.90aeg	2.5	ES	1.49bde	2.5	ES	18.63bdfh
10	HP	8.40eg	5	CA	1.31abde	5	CA	16.34abdfh
5	ES	8.17beg	10	CA	1.23abdf	10	CA	15.42abdgh
5	MF	8.13beg	7.5	MF	1.20acdfg	7.5	MF	15.00acdghi
5	MM	7.77beg	5	MF	0.90acdfh	5	MF	11.29acdgi
7.5	MM	7.53beg	7.5	MM	0.79acdfhi	7.5	MM	9.92acdgij
10	MF	7.27beg	7.5	CA	0.73acfhi	7.5	CA	9.13acgij
10	MM	7.13beg	1	CA	0.67acfhi	1	CA	8.34acgij
5	CA	7.03beh	5	MM	0.52cfhi	5	MM	6.54cgij
7.5	MF	6.77beh	10	MF	0.49chi	10	MF	6.13cij
7.5	HP	6.63beh	10	MM	0.45hi	10	MM	5.63ij
5	HP	5.73bfh	1	ES	0.36hi	1	ES	4.50ij
2.5	CA	4.43cfh	7.5	HP	0.32hi	7.5	HP	4.04ij
2.5	ES	3.57cfi	5	HP	0.26hi	5	HP	3.25ij
1	CA	3.40cfi	2.5	CA	0.26hi	2.5	CA	3.25ij
2.5	MM	3.30cfi	2.5	MM	0.25hi	2.5	MM	3.17ij

2.5	HP	2.53ci	10	HP	0.24hi	10	HP	3.05ij
1	HP	2.00ci	1	MM	0.24hi	1	MM	2.96ij
2.5	MF	2.00ci	2.5	HP	0.18hi	2.5	HP	2.30ij
1	ES	1.97ci	1	HP	0.17i	1	HP	2.13j
1	MM	1.90ci	2.5	MF	0.11i	2.5	MF	1.38j
1	MF	1.57i	1	MF	0.10i	1	MF	1.21j
DMS		2.6164	DMS		0.7222	DMS		9.0271

CA= Cascarilla de arroz; Es= Estiércol; MM= Zacate de maíz molido; MF= Zacate de maíz fresco; HP=Hojarasca de pepino; PL= Peso de lignina; Rend= Rendimiento. Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes. α=0.05.

Se observó una tendencia lineal entre los grados °Brix presentes en el licor negro y la concentración de NaOH, debido a que los compuestos de carbono recalcitrante tienen a solubilizarse en un medio alcalino (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de regresión lineal para el efecto de la concentración de NaOH sobre °Brix en 5 tipos de residuos.

FV	G. L.	Cuadrado medio				
		CA	ES	MF	MM	HP
Modelo	1	133.24**	160.60**	76.38**	61.75**	86.45**
Error	13	0.27	3.52	3.76	2.58	0.69
Total	14					
r^2		0.97	0.78	0.61	0.65	0.91
CV		7.34	26.93	37.67	29.05	16.36
Pendiente		0.91	1.00	0.69	0.62	0.74
Ordenada al origen		2.33	1.76	1.55	2.30	1.24

FV= Fuente de variación; G. L.= Grados de Libertad. CA= Cascarilla de arroz; Es= Estiércol; MM= Zacate de maíz molido; MF= Zacate de maíz fresco; HP=Hojarasca de pepino; PL= Peso de lignina; Rend= Rendimiento. ** α=0.01.

Conclusiones

A partir de la concentración del 5 % de NaOH es posible extraer lignina; el mayor rendimiento de lignina se obtuvo en las concentraciones de 7.5 % y 10 %. Los residuos con mayor rendimiento de lignina son el estiércol y la cascarilla de arroz. Los °Brix pueden ser utilizados como un indicador del contenido de lignina presente en el licor negro.

Referencias bibliográficas

Arni, S. A. (2018). Extraction and isolation methods for lignin separation from sugarcane bagasse: A review. Industrial Crops And Products, 115, 330-339. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.012

Hu, J., Wu J., Qu, X. 2018. Decomposition characteristics of organic materials and their effects on labile and recalcitrant organic carbon fractions in a semi-arid soil under plastic mulch and drip irrigation. Journal of Arid Land, 10(1): 115-128

Kusmiyati, K., Hadiyanto, H., & Fudholi, A. (2022). Treatment updates of microalgae biomass for bioethanol production: A comparative study. Journal Of Cleaner Production, 383, 135236. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135236

Liang, J., Huo, P., Mo, X., Zhang, L., Fan, X., & Sun, S. (2023). Fostering Sustainable Banana Cultivation: Maximizing Red Soil Performance with Lignin-Based Humic Acid Liquid Fertilizer. Agriculture Communications, 1(2), 100018. https://doi.org/10.1016/j.agrcom.2023.100018

Nadányi, R., Ház, A., Lisý, A., Jablonský, M., Šurina, I., Majová, V., & Baco, A. (2022). Lignin Modifications, Applications, and Possible Market Prices. Energies, 15(18), 6520. https://doi.org/10.3390/en15186520

RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LA LECHUGA (*Lactuca Sativa* L.) A VARIACIONES EN LA COMPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA STEINER

Rolando Ávila Ayala[1]*, Nicacio Cruz-Huerta[1], Víctor Arturo González-Hernández[1]

[1*]Colegio de Postgraduados. Programa de Recursos Genéticos y Productividad – Fisiología Vegetal.
*Autor para correspondencia: rolando.avila@colpos.mx

Palabras clave: Crecimiento, fertilización, área foliar.

Introducción

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es uno de los principales cultivos hortícolas en México, comúnmente producida en suelo, a campo abierto, bajo condiciones de temporal o riego. No obstante, los problemas asociados con el uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes en estos sistemas agrícolas convencionales, junto con los efectos del cambio climático, han impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles para la producción hortícola (Lara *et al*., 2019). Diversos estudios han demostrado que la composición nutricional influye en el desarrollo de la lechuga. Por ejemplo, Petropoulos *et al*. (2016) reportaron que, al incrementar la concentración de nitrógeno de 100 a 200 mg L^{-1} en cultivo hidropónico, el peso fresco de la planta aumentó entre un 23.5 % y un 113 % (de 12 a 41.9 kg m^{-2}). Aunque el cultivo hidropónico permite optimizar el crecimiento, rendimiento y calidad de las plantas, su eficiencia depende de varios factores, como la disponibilidad de nutrientes, el genotipo del cultivo, el método de producción y el manejo de fitosanitario (Spehia *et al*., 2018). Un equilibrio adecuado entre macronutrientes es esencial para maximizar la absorción de nutrientes y, en consecuencia, mejorar la productividad del cultivo. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta del crecimiento de la lechuga a diferentes proporciones de la solución nutritiva Steiner.

Materiales y métodos

El presente experimento se llevó a cabo en el invernadero de Fisiotecnia Vegetal del Campus Montecillo, perteneciente al Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Se utilizó semilla de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivar Iceberg, la cual fue sembrada en charolas de poliestireno de 238 cavidades, empleando como un sustrato una mezcla de *peat moss* y perlita. A los 30 días después de la siembra, las plántulas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno negro con capacidad aproximada de 7 L, que contenían una mezcla de tezontle y *peat moss* en proporción 9:1 (v/v), utilizada como como sustrato definitivo. Se evaluaron cinco tratamientos: riego con agua sin fertilizante (testigo), y solución nutritiva Steiner en concentraciones del 10 % (SN 10 %), 50 % (SN 50 %), 100 % (SN 100 %) y 200 % (SN 200 %). Los tratamientos fueron aplicados cada tercer día, administrando 1 L por bolsa. Para facilitar la adaptación al nuevo medio de crecimiento, durante la primera semana todas las plantas recibieron la solución Steiner al 10 %, y posteriormente se continuó con los tratamientos asignados durante tres semanas hasta la cosecha. El experimentó se estableció bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y cinco bloques. Al término del ciclo experimental, se cuantificaron las variables morfológicas. Las hojas de cada planta fueron digitalizadas con una cámara digital sobre fondo blanco, utilizando una regla graduada como escala de referencia. El área foliar (AF, cm^2) se determinó mediante análisis de imagen con el software ImageJ®. Posteriormente, hojas, raíces y tallos fueron secados en bolsas de papel previamente identificadas, en una estufa con circulación de aire forzado a 70 ºC durante 72 horas hasta alcanzar peso constante. A partir del peso seco de hojas (PS) y el área foliar (AF), se calculó el peso específico foliar (PEF = PS/AF). El análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para las variables peso seco, área foliar y peso específico foliar se realizaron utilizando el software R (versión 4.3.1.).

Resultados y discusión

Peso seco de las partes vegetativas en la lechuga. La distribución del peso seco entre los órganos vegetativos de la lechuga varió en función del tratamiento aplicado. En todos los casos, la mayor acumulación de biomasa se registró en las hojas, seguidas por la raíz y el tallo, independientemente del nivel de fertilización. No obstante, al aumentar la concentración de la solución nutritiva Steiner, la proporción de biomasa acumulada en las hojas también se incrementó, pasando del 59.6 % en el tratamiento testigo hasta valores entre 84 % y 87 % a partir del tratamiento SN 50 % (Figura 1). En cuanto al peso seco de la

raíz, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, con valores que oscilaron entre 0.36 y 0.52 g por planta. En contraste, el peso seco del tallo mostró un incremento significativo, al pasar de 0.05 g por planta en el testigo a 0.14 g por planta en el tratamiento SN 200 %, lo que representa un aumento de casi tres veces. Respecto al peso seco de las hojas, el tratamiento SN 200 % fue estadísticamente superior, alcanzando un valor promedio de 3.91 g por planta, es decir, seis veces más que el observado en el testigo. Como consecuencia, el peso seco total de la planta siguió un patrón similar al del peso seco foliar, dada la alta proporción de biomasa acumulada en este órgano. Estos resultados son consistentes con los reportados por Lara *et al*. (2023), quienes documentaron un incremento en el rendimiento de lechuga al aumentar la disponibilidad de nutrimentos en el sustrato, lo cual resalta la importancia de una adecuada concentración de nutrientes para maximizar la acumulación de biomasa en sistemas sin suelo.

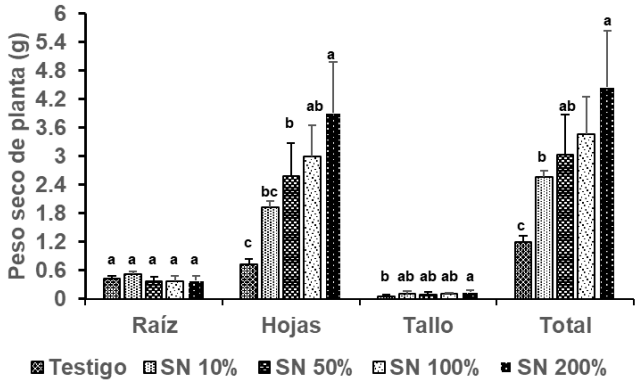


Figura 1. Biomasa seca de raíz, hojas, tallo y total en plantas de lechuga cultivada con diferentes concentraciones de solución nutritiva universal de Steiner.

Longitud de raíz. Se observaron diferencias significativas en la longitud de la raíz entre tratamientos, siendo mayores en las plantas cultivadas sin solución nutritiva (20.6 cm) y con la solución al 10 % (23.2 cm) (Figura 2). Sin embargo, este mayor desarrollo radicular no se reflejó en un incremento del crecimiento foliar, lo que puede atribuirse a la limitada disponibilidad de nutrientes esenciales en dichos tratamientos. Entre los macronutrientes, el fósforo —junto con el nitrógeno—, es considerado uno de los más limitantes para el desarrollo vegetal. En condiciones de deficiencia, las plantas pueden modificar activamente su arquitectura radicular como estrategia adaptativa para incrementar la exploración del suelo y optimizar la absorción de fósforo (Li *et al*., 2015). Los resultados obtenidos en este estudio apoyan esta interpretación, al evidenciar que las plantas no asignan recursos adicionales al crecimiento de raíces cuando la disponibilidad de nutrientes en la rizósfera es adecuada, como ocurrió en los tratamientos con soluciones nutritivas al 50 %, 100 % y 200 %. Esto sugiere una regulación eficiente en la asignación de biomasa hacia órganos aéreos cuando las condiciones nutricionales lo permiten, priorizando el crecimiento foliar sobre el desarrollo radicular.

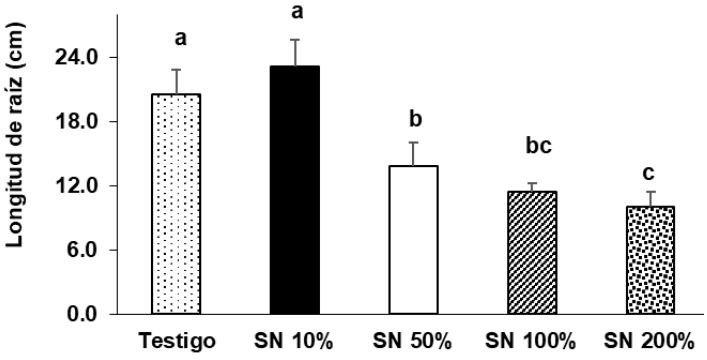


Figura 2. Crecimiento de la raíz con diferentes concentraciones de solución nutritiva universal de Steiner.

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos de fertilización en el crecimiento de plantas de lechuga en invernadero.

Tratamiento	Área foliar (cm^2)	Peso específico ($g\ cm^{-2}$)	Relación raíz/hojas
Testigo	190.99 ± 50.69 c	0.004 ± 0.0004 a	0.60 ± 0.09 a
SN 10%	616.07 ± 54.87 b	0.003 ± 0.0003 b	0.27 ± 0.03 b
SN 50%	928.36 ± 236.80 ab	0.0028 ± 0.0004 b	0.14 ± 0.02 c
SN 100%	1059.62 ± 230.17 a	0.003 ± 0.0001 b	0.12 ± 0.02 c
SN 200%	1341.28 ± 358.53 a	0.003 ± 0.0002 b	0.10 ± 0.01 c
DMS	417.37	0.00059	0.08

*Medias con la misma letra en una columna no presentan diferencias significativas (Tukey ≤ 0.05). DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Conclusiones

La concentración de la solución nutritiva Steiner afecta significativamente el crecimiento y la asignación de biomasa en lechuga. En condiciones de baja nutrición, las plantas priorizan el desarrollo radicular y mayor peso específico foliar como respuesta adaptativa, aunque sin mejoras en crecimiento foliar. En contraste, las concentraciones al 100 % y 200 % promovieron mayor expansión foliar y eficiencia fotosintética. Estos resultados destacan la importancia de mantener niveles óptimos de fertilización en sistemas hidropónicos o de invernadero para maximizar el rendimiento y uso eficiente de recursos.

Agradecimientos

Al Área de Fisiotecnia Vegetal, Postgrado de Fisiología Vegetal, del Programa de Recursos Genéticos y Productividad, del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (antes CONACYHT) por la beca otorgada para la realización de este trabajo de investigación.

Referencias bibliográficas

Lara-Izaguirre AY, Rojas-Velázquez ÁN, Romero-Méndez MJ, Ramírez-Tobías HM, Cruz-Crespo E, Alcalá-Jáuregui JA, Loredo-Ostí C. 2019. Crecimiento y acumulación de NO_3^- en lechuga hidropónica con relaciones nitrato/amonio en dos estaciones de cultivo. Revista fitotecnia mexicana 42(1): 21-29.

Lara-Herrera A, De la Rosa-Rodríguez R, Trejo-Téllez LI. 2023. Producción de Lechuga (Lactuca sativa L.) con cinco proporciones de macronutrientes en solución nutritiva. Bioagro 35(2): 113-122. doi: http://www.doi.org/10.51372/bioagro352.4.

Li X, Zeng R, Liao H. 2015. Improving crop nutrient efficiency through root architecture modifications. Journal of Integrative Plant Biology. 58(3): 193-202. doi: 10.1111/jipb.12434

Petropoulos SA, Chatzieustratiou E, Constantopoulou E, Kapotis G. 2016. Yield and quality of lettuce and rocket grown in floating culture system. Not. Bot. Horti Agrobot. 44(): 603–612.

Spehia RS, Devi M, Singh J, Sharma S, Negi A, Singh S, Sharma JC. 2018. Lettuce growth and yield in hoagland solution with an organic concoction. Int. J. Veg. Sci. 24(): 557–566.

EFECTO DE BIOFERTILIZANTES EN PLÁNTULAS DE MAÍZ NATIVO

César Antonio Casasola-Elizondo[1*], Raymundo Javier Nava-Padilla[1], Rafael Ruíz-Hernández[2]

[1]CIRSE - Campo Experimental Chetumal, INIFAP; [2]Campus Veracruz - COLPOS.
[*]Autor para correspondencia: casasola.cesar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Bioestimulantes, inoculante, micorrizas.

Introducción

Los bioestimulantes microbianos, también conocidos como biofertilizantes, constituyen una alternativa biotecnológica sustentable que promueve el crecimiento vegetal y mejora la eficiencia del uso de nutrientes en los cultivos agrícolas. Estos productos contienen microorganismos benéficos que establecen relaciones simbióticas con las plantas, lo que les permite mejorar su tolerancia al estrés abiótico y optimizar diversos procesos fisiológicos y bioquímicos (Yakhin *et al*., 2017). Entre los principales beneficios atribuidos a los biofertilizantes se encuentra la estimulación de la germinación, el aumento en la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales, la síntesis de fitohormonas y la activación de mecanismos de defensa de la planta (Meng *et al*., 2023). De manera particular, los hongos micorrízicos arbusculares como *Rhizophagus intraradices* forman asociaciones simbióticas con las raíces, incrementan la absorción de fósforo, zinc y otros nutrientes poco móviles, mientras que bacterias del género *Azospirillum*, como *Azospirillum brasilense*, promueven el crecimiento radicular mediante la producción de auxinas y otros reguladores del crecimiento vegetal. Estas interacciones pueden ser relevantes durante las etapas iniciales del desarrollo, como la fase de plántula, cuando la eficiencia fisiológica es crucial para el establecimiento del cultivo. En el contexto de la conservación y aprovechamiento del maíz nativo, es importante evaluar cómo estas herramientas biotecnológicas inciden en razas locales que presentan características genéticas y adaptativas particulares. Las razas de maíz nativo representan un recurso fitogenético invaluable para la seguridad alimentaria y la agricultura tradicional, pero también pueden mostrar respuestas diferenciadas frente a insumos bioestimulantes debido a su diversidad genética. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de bioestimulantes microbianos aplicados a semillas de tres razas de maíz nativo (*Nal Tel*, *Dzit Bacal*, *Tuxpeño Pix Cristo* y *Tuxpeño Eh huub*), evaluando variables de crecimiento inicial en la fase de plántula, como peso fresco, longitud del tallo y diámetro basal, con el fin de identificar posibles diferencias en la respuesta fisiológica entre genotipos y tratamientos.

Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en mayo de 2024 y se estudio el efecto de inocular semillas de tres razas de maíz nativo con dos tratamientos biofertilizantes, 40´000 esporas de Micorriza Glomus intraradices (*Rhizophagus intraradices*) y 40´000 esporas de Micorriza Glomus intraradices (*Rhizophagus intraradices*) más (*Azospirillum brasilense*, 1.75 x 10^{11} UFC). Las variables respuesta consideradas fueron el peso fresco parte aérea, la longitud de tallo y el diámetro basal, evaluadas en plántulas con 15 días de desarrollo. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 4 x 3, donde los factores correspondieron a raza de maíz (cuatro niveles) y tratamiento biofertilizante (tres niveles) con 10 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental consistió en charolas de poliestireno súper rígido de 375 mL de capacidad, cada una sembrada con una plántula individual, utilizando como sustrato una mezcla de perlita y turba en proporción 2:1 (v/v). El peso fresco de la parte aérea se registro con una balanza analítica (OHAUS Adventurer), mientras que la longitud del tallo y el diámetro basal (mm) se midieron con un calibrador digital (Steren®). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) mediante un modelo lineal generalizado univariado, seguido de una prueba de comparación de medias de Tukey donde los resultados con ($Pr \leq 0.05$) se consideran significativos. El procesamiento estadístico se realizó con ayuda del Software SAS OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., 2024)

Resultados y discusión

Se observó un efecto significativo del factor raza, donde las semillas de la raza Tuxpeño Eh huub mostraron valores inferiores en las variables evaluadas, en comparación con las razas Nal Tel, Dzit Bacal y Tuxpeño Pix Cristo ($Pr \leq 0.05$) (Figura 1.).

La inoculación de semillas de maíz con el biofertilizante *Rhizophagus intraradices* y con la combinación *Rhizophagus intraradices* + *Azospirillum brasilense* incrementó de manera significativa ($p \leq 0.05$) el peso

fresco de la parte aérea en un 45% y 70%, respectivamente; así como la longitud del tallo en un 26% y 27%, y el diámetro basal en un 22% y 25%, en comparación con el tratamiento testigo. Asimismo, se observó que las semillas de la raza Tuxpeño Eh huub presentaron valores significativamente inferiores en las variables evaluadas, en relación con las razas Nal Tel, Dzit Bacal y Tuxpeño Pix Cristo (Figura 2.).

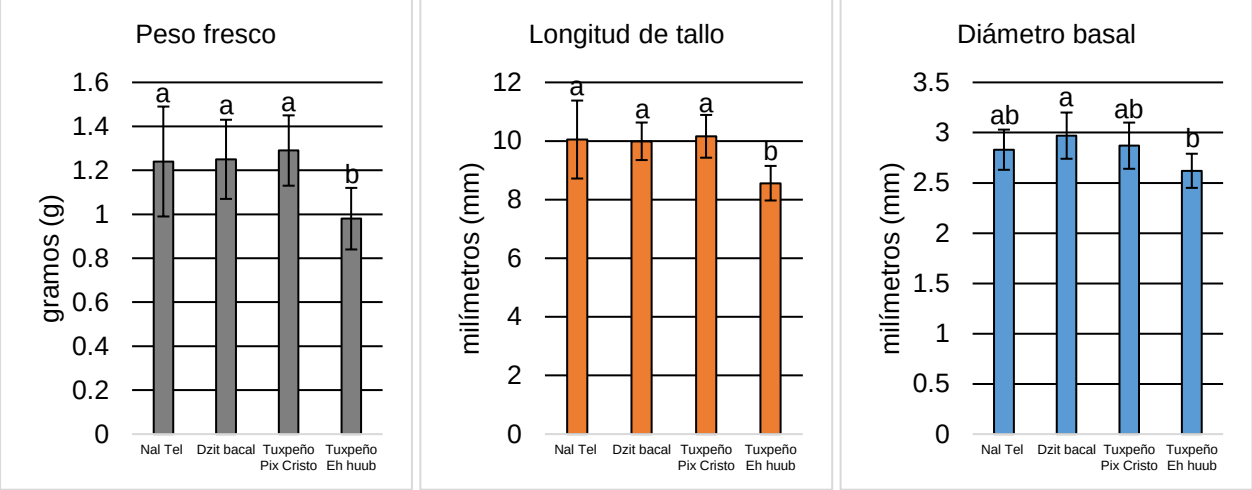


Figura 1. Factor raza de maíz nativo. Medias ± DE con letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas (Tukey, *Pr* ≤ 0.05).

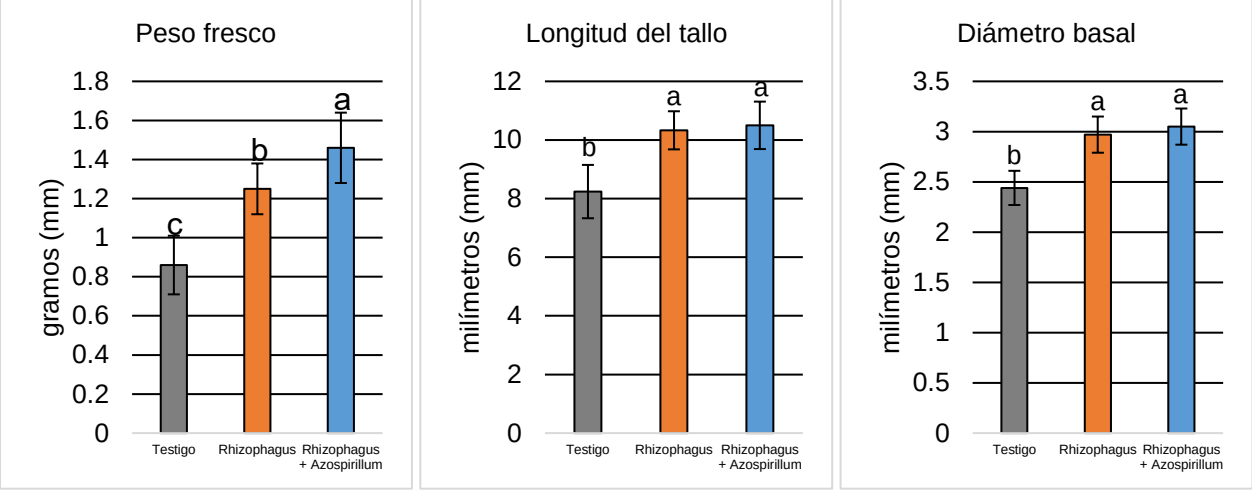


Figura 2. Factor bioestimulante. Medias ± DE con letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas (Tukey, *Pr* ≤ 0.05).

Por ultimo, el tratamiento *Rhizophagus intraradices* + *Azospirillum brasilense* + Nal Tel presentó el mayor valor de peso fresco (1.72 g), seguido por las combinaciones con Dzit Bacal y Tuxpeño Pix Cristo. El tratamiento testigo en Nal Tel mostró el valor más bajo (0.60 g), indicando un efecto fuerte del biofertilizante. En general, la inoculación con biofertilizantes aumentó de manera significativa el peso fresco en todas las razas, siendo más evidente con la combinación *Rhizophagus intraradices* + *Azospirillum brasilense* (Cuadro 1.).

El tratamiento *Rhizophagus intraradices* + *Azospirillum brasilense* + Nal Tel presentó también la mayor longitud de tallo (11.88 mm), seguido por *Rhizophagus intraradices* + Nal Tel (11.43 mm). El valor más bajo correspondió al tratamiento testigo con Nal Tel (6.83 mm). De nuevo, los biofertilizantes mostraron una mejora consistente, de manera particular cuando se aplicó la combinación microbiana (Cuadro 1.).

Cuadro 1. Efecto de la interacción bioestimulante en tres razas de maíz nativo.

Interacción	PF (g)	LT (mm)	DB (mm)
Nal Tel	0.60±0.10^{e}	6.83±1.03^{c}	2.35±0.11^{d}
Dzit bacal	0.90±0.15^{cde}	9.08±0.69^{bc}	2.45±0.12^{cd}
Tuxpeño Pix Cristo	1.10±0.17^{bcde}	9.32±0.89^{abc}	2.55±0.31^{bcd}
Tuxpeño Eh huub	0.85±0.08^{de}	7.73±0.48^{c}	2.42±0.07^{d}
Rhiz. Intra. + Nal Tel	1.40±0.09^{abc}	11.43±0.50^{ab}	2.98±0.13^{abcd}
Rhiz. Intra. + Dzit bacal	1.33±0.12^{abcd}	10.47±0.62^{ab}	3.20±0.21^{ab}
Rhiz. Intra. + Tuxp. Pix Cristo	1.27±0.12^{abcd}	10.43±0.45^{ab}	2.98±0.14^{abcd}
Rhiz. Intra. + Tuxp. Eh huub	0.98±0.11^{cde}	9.00±0.48^{bc}	2.72±0.17^{abcd}
Rhiz. Intra. + *Azos. Brasilense* + Nal Tel	1.72±0.06^{a}	11.88±0.63^{a}	3.15±0.09^{ab}
Rhiz. Intra. + *Azos. Brasilense* + Dzit bacal	1.52±0.14^{ab}	10.42±0.50^{ab}	3.25±0.14^{a}
Rhiz. Intra. + *Azos. Brasilense* + Tuxpeño Pix Cristo	1.52±0.15^{ab}	10.73±0.75^{ab}	2.08±0.17^{abc}
Rhiz. Intra. + *Azos. Brasilense* + Tuxpeño Eh huub	1.10±0.20^{bcde}	8.95±0.71^{bc}	2.72±0.22^{abcd}
DMS	0.510	2.619	0.660
Pr>F	0.004	0.004	0.490

Medias ± DE con letras iguales indican que no existen diferencias estadísticas significativas (Tukey, $Pr \leq 0.05$). PF: Peso fresco aéreo, LT: Longitud de tallo, DB: Diámetro basal de tallo.

Conclusiones

El inocular semilla de maíz nativo de la raza Nal Tel y la raza Dzit bacal con el biofertilizante *Rhizophagus intraradices* adicionado con *Azospirillum brasilense* incremento de manera significativa el peso fresco y la longitud de tallo de la planta respecto a la semilla de maíz de la raza Tuxpeño.

Agradecimientos y Fuente financiadora

Se agradece al proyecto Desarrollo de Territorios Rurales con Productores que Custodian Maíces Nativos en México.

Referencias bibliográficas

Meng, L.-L., Xu, F.-Q., Zhang, Z.-Z., Alqahtani, M. D., Tashkandi, M. A., & Wu, Q.-S. (2023). Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Especially Rhizophagus intraradices as a Biostimulant, Improve Plant Growth and Root Columbin Levels in Tinospora sagittata. *Horticulturae*, *9*(12), 1350. https://doi.org/10.3390/horticulturae9121350

SAS Institute Inc. (2024). *SAS OnDemand para académicos*. https://www.sas.com/en_us/software/on-demand-for-academics.html

Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*, *7*. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE JITOMATE EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE SILICIO Y ÁCIDO GLUTÁMICO

David Díaz-Avilés[1], Oscar Martín Antúnez-Ocampo[2‡], Juan Elías Sabino-Lopez[1], Mariana Espinosa-Rodríguez[1]

[1]Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales - Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala, Guerrero. México. [2]INIFAP - Campo Experimental Iguala, Iguala, Guerrero. México.
[‡]Autor para correspondencia: antunez.oscar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Bioestimulantes, jitomate, silicio.

Introducción

El jitomate es la hortaliza con mayor demanda en el mercado nacional y para exportación, su uso en la gastronomía mexicana es imprescindible debido a que parte de su domesticación se realizó por pueblos mesoamericanos en el territorio nacional donde se cuenta con gran diversidad de material genético; su importancia se debe a que es fuente de vitaminas (A, B1, B2, y C), minerales (calcio, fósforo, potasio y sodio) y antioxidantes; tiene propiedades medicinales como antiséptico, alcalinizante, depurativo, diurético, digestivo, laxante y desinflamatorio (SADER, 2022). Los retos que enfrenta la agricultura hacen necesario que se implementen alternativas para asegurar la producción de los alimentos. Entre las practicas que destacan para ello, es la mitigación del estrés en los cultivos con la aplicación de elementos benéficos (Kaur *et al.,* 2015); así como, el adicionamiento de aminoácidos para incrementar los rendimientos, promoviendo así una agricultura ecológica y sostenible sin perder de vista la creciente demanda (Martínez *et al*., 2022). Diversos autores han estudiado el efecto del silicio (Si) como elemento benéfico, principalmente como mitigador de estrés hídrico y salino, en la protección contra plagas y enfermedades, como antioxidante ante excesos de riego, toxicidad, en el balance de nutrientes en el suelo, entre otros (Aguirre *et al*., 2007; Cabezas-Gutiérrez *et al*., 2022). Mientras que, la aplicación de ácido glutámico (AG) favorece el metabolismo del nitrógeno; además, ha sido evaluado de manera individual como conjunta con otros aminoácidos específicamente en el cultivo de jitomate (Ekşi y Sönmez, 2022) y otros cultivos de importancia, donde ha mejorado el rendimiento (Yu *et al.,* 2010). Lo descrito anteriormente, destaca las respuestas positivas que genera la aplicación de ambos compuestos de manera individual o combinada, sin dejar aún lado su impacto en reducir los efectos adversos ocasionados por agentes bióticos y abióticos; por lo cual es de gran interés conocer sus efectos en la productividad del cultivo de jitomate.

Objetivo

Evaluar el efecto del AG asperjado vía foliar y Si aplicado a la raíz, en el crecimiento y producción de jitomate cultivado en hidroponía e invernadero. La hipótesis planteada fue que la aplicación de silicio y acido glutámico incrementará el crecimiento y la productividad del jitomate cultivado en hidroponía e invernadero.

Materiales y métodos

Localización. La presente investigación se realizó en invernadero con estructura metálica y ventila cenital, cubierto con plástico blanco lechoso (700 µm), ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Unidad Tuxpan (18° 34’ 39’’ LN; 99° 50’ 15” LO), en Iguala de la Independencia, Guerreo, México.

Material vegetal. Se utilizó el hibrido Fiero (Harris Moran®) cuyas semillas se sembraron en charola de polipropileno de 200 cavidades llenada con turba. La charola con las semillas se alojó en el invernadero y se regaron cada tercer día con agua de la llave. Una vez emergidas las plántulas, ser regaron diariamente con agua de la llave, pero al presentar dos hojas verdaderas se regaron con solución nutritiva de Steiner (1984) al 25% hasta el momento del trasplante.

Establecimiento del experimento. El sustrato fue una mezcla de composta con arena (1:1 v/v). El trasplante se realizó cuando las plantas presentaron de cuatro a cinco hojas verdaderas, en bolsas de polietileno negro con capacidad de 14 L, llenadas con el sustrato. La densidad de población fue de 30,000 plantas ha^{-1} con una planta por bolsa, en un marco de plantación a doble hilera, separación entre plantas de 0.4 m y distancia entre hileras de 0.4 m, con pasillos de 1.2 m. La nutrición se hizo con el sistema de riego por goteo, empleando la solución Steiner al 100% en las primeras etapas de desarrollo, posteriormente se

incrementó a 125%. La poda se realizó cada semana. El tutoreo fue a los 25 días después del trasplante (ddt) con rafia amarrada a la base del tallo conduciéndola a lo largo del mismo y amarrada a los tutores del invernadero. La polinización fue manual con la agitación del tutor. La prevención y control de plagas se realizó con la colocación de trampas cromáticas y la aplicación de productos ecológicos y químicos. La cosecha inició a los 87 ddt, se realizó de manera manual cuando los frutos alcanzaron su madurez comercial.

Diseño de tratamientos y experimental. Los factores de estudio fueron: i) ácido glutámico (sin y con dosis de 20 mg L^{-1} de AG) aplicado vía foliar y ii) silicio (sin y con 320 y 427 mg L^{-1} de Si) aplicado en solución a la raíz, cuya combinación resultó en cinco tratamientos y un testigo (sin AG y Si); T1 (Sin AG y Sin Si), T2 (Sin AG +nivel medio de Si), T3 (Sin AG +nivel medio de Si), T4 (Con AG + Sin Si), T5 (Con AG + nivel medio de Si), T6 (Con AG + Nivel alto de Si), con 13 repeticiones. La unidad experimental consistió en una bolsa con una planta. Las plántulas fueron distribuidas en el invernadero bajo un diseño experimental completamente al azar. Para el análisis estadístico únicamente se consideraron los promedios de 10 repeticiones por tratamiento para cada variable. El inicio de la aplicación del Si se realizó a los 29 ddt, seguido de la aplicación del AG que comenzó tres días más tarde (32 ddt). En el caso del Si, se utilizó dióxido de Si (Diatomix®) aplicado cada tercer día junto con la solución nutritiva. Por otro lado, el AG (Biojal®) se suministró cada 15 días realizando una prueba en blanco para determinar la cantidad de agua requerida para la aspersión respecto al crecimiento de la planta.

Variables evaluadas. Se registró la altura (cm) (a los 52 y 80 ddt), desde la base del tallo hasta el ápice de la planta con un flexómetro; el diámetro del tallo (mm) (a los 66 ddt) de la base del tallo, con un vernier electrónico Steren®; índice de verdor en lecturas SPAD (a los 38 y 52 dtt) con un SPAD Minolta® 50 Plus. Por último, se cuantificó el número y peso de los frutos de los primeros cinco racimos por planta de siete cosechas, con una báscula Rhino®. La información obtenida de cada variable se ordenó en una hoja de cálculo de Excel y se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey al 5 %) con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1 (SAS, Institute, 2002).

Resultados y discusión

Los parámetros de crecimiento (altura de planta y diámetro del tallo) e índice de verdor presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.5$) por la aplicación de Si y AG; pero no así las variables del rendimiento (número y peso de frutos) que no mostraron significancia estadística.

Cuadro 1. Estadísticos del análisis de varianza para las variables de crecimiento y rendimiento de jitomate en respuesta a la aplicación de silicio y ácido glutámico, en hidroponía e invernadero.

Fuente de variación	ALP		DTP (66 ddt)	Lecturas SPAD		NF	PF
	52 ddt	80 ddt		38 ddt	52 ddt		
Valor de *p*	0.20*	0.18*	0.43*	0.09*	0.03*	0.80ns	0.67ns
CV (%)	5.26	8.29	9.39	21.97	20.70	13.94	18.08

CV = coeficiente de variación. * = significativo, valor de $p \leq 0.5$. ns = no significativo, valor de $p \geq 0.5$. ALP = altura de la planta. DTP = diámetro del tallo de la planta. NF = número de frutos. PF = peso de frutos. ddt = días después del trasplante.

La altura de planta a los 52 ddt se inhibió cuando las plantas fueron fertilizadas con el mayor nivel de Si y la aplicación de AG, en comparación con las plantas testigo; mientras que, tratamientos con niveles altos y bajos de Si y AG presentaron una altura similar. A los 80 ddt, se observó un comportamiento similar, ya que los tratamientos con mayores niveles de Si y AG inhibieron la altura con respecto al testigo. El diámetro del tallo aumentó ligeramente en las plantas con nivel medio de Si sin AG (T2), superando en 9.92% a las plantas testigo; mientras que, el resto de los tratamientos con la combinación de cualquier nivel de Si y AG tuvieron tallos con diámetros similares al testigo y entre sí. En lecturas SPAD a los 38 ddt; las plantas con AG en dosis única mostraron las lecturas más bajas, en comparación donde se aplicó ambos niveles de Si, tal es el caso que, la aplicación con 427 mg L^{-1} de Si y 20 mg L^{-1} AG presentó el valor más bajo, que el testigo. El comportamiento cambio a los 52 ddt, donde los mayores promedios se presentaron en los tratamientos con AG, específicamente en el tratamiento sin Si, donde se obtuvo el mayor índice de verdor en las hojas, seguido de la aplicación del nivel alto de Si con AG, y estos a su vez fueron mayores al testigo. Hojas con menor índice de verdor se tuvieron con la aplicación de 320 mg L^{-1} de Si sin AG.

Los resultados encontrados se pueden contrastar con lo reportado por Cázarez-Flores *et al.* (2022) quienes no observaron diferencias en el crecimiento de plantas de pepino bajo aplicaciones de 20, 30 y 50 mg de

Si, no obstante, la aplicación con 50 mg L^{-1} de Si aumentó 16.7% la altura de las plantas de pepino, en cambio, inhibió el crecimiento de plantas de jitomate hasta en 33.82%. Respuesta similar reportó Hernández-Silva *et al*. (2016) en fresa, donde la aplicación de Si limitó la altura de la planta en 7% con 15 y 20 ppm. Asimismo, Cázarez-Flores *et al.* (2023), detectaron que la aplicación de Si (20, 30 y 50 mg L^{-1}) en jitomate incrementó en 7% el diámetro del tallo a los 46 ddt con respecto al testigo (sin Si); mientras que, la altura no se modificó por la aplicación de este elemento. En el caso del AG, Alfosea-Simón *et al.* (2021) indicaron que la aspersión de 70 mg L^{-1} de AG mejoró el diámetro del tallo (en 27.2%); mientras que la aplicación de AG tanto individualmente como combinada con otro aminoácido (ácido aspártico) aumentó la altura de planta.

Conclusiones

Con base en el objetivo e hipótesis planteada en la presente investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente: la aplicación de Si y AG, influyeron diferidamente en los parámetros de crecimiento de las plantas de jitomate cultivado en hidroponía e invernadero, de manera que algunos tratamientos los mejoraron y otros los inhibieron. En este sentido, se pudo observar que altura de planta (68 ddt)) mejoró (10%) solo con la adición de AG; el diámetro del tallo aumentó (9.9%) con 320 mg L^{-1} de Si, situación similar ocurrió en el comportamiento de las lecturas SPAD con ambos bioestimulantes.

Agradecimientos

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Unidad Tuxpan de la Universidad Autónoma de Guerrero.

Fuente financiadora

Sin financiamiento.

Referencias bibliográficas

Alfosea-Simón M., Simón-Grao S., Zavala-González E. A., Cámara-Zapata J. M., Simón I., Martínez-Nicolás J. J., Lidón V. and García-Sánchez F. 2021. Physiological, nutritional and metabolomic responses of tomato plants after the foliar application of amino acids aspartic acid, glutamic acid and alanine. Frontiers in Plant Science 11: 581234.

Cázarez-Flores L. L., Angulo-Castro A., Vega-Gutiérrez T. A., Ayala-Tafoya, F. y Aguilar- Quiñonez J. A. 2023. Producción de tomate en respuesta a dosis de silicio. Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios 10(3). 7 p.

Cázarez-Flores, L. L., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. J., Ayala-Tafoya, F., Díaz-Valdés, T., Yáñez-Juárez M. G. y López-Orona C. A. (2022). Silicio y cloro en el crecimiento, rendimiento y calidad postcosecha de pepino y tomate. Terra Latinoamericana 40: 1-11. e994.

Pinedo-Guerrero Z. H., Cadenas-Pliego, G., Ortega-Ortiz H., González-Morales, S., Benavides-Mendoza A., Valdés-Reyna, J. and A Juárez-Maldonado A. 2020. Form of silica improves yield, fruit quality and antioxidant defense system of tomato plants under salt stress. Agriculture 2020 *10* (9), 367.

Trejo-Téllez L. I., García-Jiménez A., Escobar-Sepúlveda H. F., Ramírez-Olvera S. M., Bello-Bello J. J. and Gómez-Merino F. C. 2020. Silicon induces hormetic dose-response effects on growth and concentrations of chlorophylls, amino acids and sugars in pepper plants during the early developmental stage. 28 p. PeerJ 8: e9224.

USO DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL PARA LA REDUCCIÓN DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

Altagracia Reyes Castillo[1]*, Gerardo Armando Aguado Santacruz[2], Carlos Alexis Acosta Garcia[3]

[1]CE Tecomán Colima CIRPAC-INIFAP; [1]CE Bajío Guanajuato CIRCE-INIFAP; [3]Estudiante de la Universidad de Guadalajara, CUCSUR.
*Autor para correspondencia: reyes.altagracia@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Azospirillum, Bacillus*, rizosfera, solubilización.

Introducción

La caña de azúcar *(Saccharum officinarum L.*) es un cultivo demandante de nutrientes del suelo que requiere considerables dosis de fertilización para suplir sus necesidades, debido que cuenta con una elevada producción de biomasa. La nutrición vegetal y la aplicación de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar es un aspecto que no se ha abordado con la importancia debida, las dosis de fertilización y fuentes de fertilizantes son las mismas en diferentes ingenios y tipos de suelos (Velasco-Velasco, 2018). Por lo tanto, las fuentes de fertilizantes y la nutrición desbalanceada ocasionan que los suelos pierdan nutrientes al lixiviar, provocando una eutrofización de los mismos contaminando suelos y fuentes de aguas. El desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales. Las PGPR, Plant Growth Promoting Rhizobacteria, son bacterias vivas aisladas principalmente de la rizosfera que promueven el crecimiento de las plantas y se usan como biofertilizantes debido a que mejoran la nutrición vegetal y enriquecen o reconstruyen el ciclo de nutrientes en el suelo, mediante la fijación de N_2 y la solubilización de P y K inorgánico (Reyes Castillo *et al.,* 2019). Las rizobacterias más usadas en el cultivo de la caña de azúcar son: *Azotobacter chrooccum, Bacillus megaterium* y *Pseudomonas sp.*

La fertilización mineral y orgánica puede optimizarse mediante el uso de rizobacterias que aumentan la materia seca, el rendimiento y los nutrientes en el suelo y la planta, entre otros insumos biológicos. Sin embargo, el descubrimiento de microbios individuales o un consorcio que puedan beneficiar a las plantas ha sido un desafío (Santos *et al.,* 2018) así como su uso eficiente y efectivo en campo.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de un consorcio bacteriano (1 X 10^8 UFC*, Azospirillum* spp + *Bacillus* spp) en el rendimiento y calidad de la caña de caña de azúcar.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el INIFAP, Campo Experimental Tecomán, Colima, localizado en las coordenadas geográficas: 18° 59' a 103° 73' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y 18° 41' 20" a 19° 06' de latitud Norte, a una altitud de 33 m. Para el trabajo de investigación se utilizó como material vegetal el cultivar de caña de azúcar Mex 98-100, ciclo plantilla. La preparación de terreno, riego, control de malezas y plagas se realizaron de acuerdo al paquete tecnológico del INIFAP.

Para este ensayo, se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticones, con unidad experimental de 7 surcos de 33 metros. Los tratamientos (T) estuvieron conformados por la aplicación de biofertilizante (BioFer) más fertilizante químico (FerQuim) en diferentes porcentanjes de la dosis requerida de NPK (100, 80 y 60): T1) BioFer +FerQuim60%, T2) BioFer+FerQuim80%, T3) BioFer+FerQuim100% y T4) FerQuim100% (testigo). El biofertilizante utilizado fue un consorcio bacteriano de *Azospirillum* spp y *Bacillus* spp. a una concentración de 1 X 10^8 UFC. Aplicado al mes 1 y 2 meses después de siembra, en drench en la zona radícular y al follaje en una dosis de 1 kg y 500 g por hectárea, respectivamente. La fertilización química se aplicó a los 5 meses hasta desarrollo vegetativo en base a la fórmula 175-130-175. Las variables evaluadas fueron: 1) fertilidad del suelo, N-NO_3, P- Olsen y K (NOM-021- SEMARNAT-2000), 2) contenido nutrimental foliar, 3) crecimiento; altura de la planta y diámetro de tallo, 4) rendimiento y 5) calidad industrial, °Brix.

Las variables se sometieron a una prueba de varianza y comparación con medias de $p \leq 0.05$, mediante el programa estadístico InfoStat-Statistical Software. Excepto los datos de fertilidad de suelo fueron de tipo diagnóstico basados en muestreo inicial y final (uno por tratamiento).

Resultados y discusión

En la fertilidad del suelo, los resultados mostraron que los niveles de N-NO_3 al término del experimento se mantuvieron bajos de 3.71 a 13.12 mg kg^{-1}. Sin embargo, el testigo con fertilización 100 % química y sin biofertilizante, mantuvo la concentración más alta. En cuanto a P y K el T2 mejoró la concentración disponible en comparación con el testigo con un incremento de 15.17 mg/kg P y 66 mg/kg K (pH de 8.5). Resultados similares obtuvo (Santos *et al.,* 2018) con la aplicación de combinada de *Bacillus subtilis* y *B. pumilus* en donde se incrementó el contenido de P en un 13% en el suelo tratado con fertilización mineral y compost de cachaza. Por lo que los resultados del estudio sugieren que el uso de este biofertilizante con *Azospirillum* spp y *Bacillus* spp. pueden mejorar los parámetros de fertilidad del suelo. Esto debido a su mecanismo de producción y liberación de ácidas orgánicos a la rizosfera que provoca la solubilización del fósforo (Reyes Castillo *et al.,* 2019).

En base al análisis de varianza, no hubo diferencias estadíticas significativas (P>0.05) en las variables; 1) contenido nutrimental foliar N y P, 2) crecimiento; altura de la planta y diametro de tallo, y 3) calidad industrial, °Brix. Con estos resultados se muestra que en este ensayo la disminución de fertilizante químico no afectó la concentración de °Brix, por lo que el uso de este bioferilizante no demerita la concentración de azúcar (BioFer+FerQuim60% = 20.08 °Brix), ni la altura de la planta. Por tanto, el uso de biofertilizantes es una buena alternativa complementaría para la nutrición del cultivo. Arreola *et al.* (2004) coincide en que el efecto de tratamientos de fertilización no afecta la calidad del jugo (grados Brix, sacarosa, pureza y fibra).

Las variables que presentaron diferencias estadistícas significativas fueron; 1) contenido nutrimental foliar K y 2) rendimiento estimado (P=0.001; CV = 18.83), para la cual se utilizaron datos de población tallos y el peso promedio de tallos molederos.

En cuanto a la concentración de K en la hoja, el tratamiento BioFer+FerQuim100% fue el que tuvo mayor porcentage con 1.38 % lo que se vío reflejado en la cantidad °Brix de este tratamiento con 20.53°. Es importante resaltar que este tipo de microorganismos; *Azospirillum* spp y *Bacillus* spp solubilisan potasio a traves de mecanismos de acidólisis, quelación, reacciones de intercambio y complexolisis liberando ácidos orgánicos como succínico, cítrico, glucónico, α-cetoglucónico y oxálico.

El peso de los tallos molederos por tratamiento utilizado para la estimación de rendimiento fue de 3.6, 4.84, 3.22 y 3.42 kilogramos; respectivamente, con una DMS 1.47 kg. Siendo el tallo de mayor peso el del T2 con la reducción del 20 % de fertilización química, T2) BioFer+FerQuim80%.

Sin embargo, en el rendimiento estimado a los 12 meses (Figura 1) en ninguno de los tratamientos se tuvo rendimientos mayores al testigo (168.46 t ha^{-1}). Por lo que es necesario asegurar mayor población de tallos desde amacollamiento, ajustando los momentos de apliación en conjunto con la fertilización química alineados a la etapa fenologica para asegurar mayores redimientos en conjunto con el uso de bioefertilizantes. Aguado-Santacruz *et.al.,* (2024), por el contrario, aplicando *Azospirillum* spp y *Bacillus* spp obtuvo aumento en la biomasa de la caña de azúcar y estuvo relacionado con un mayor macollamiento en lugar de un aumento en la altura o el diámetro del tallo en ciclo soca por lo que es necesario en este tipo de estudio continuar con la evaluación en plantilla y ciclo soca.

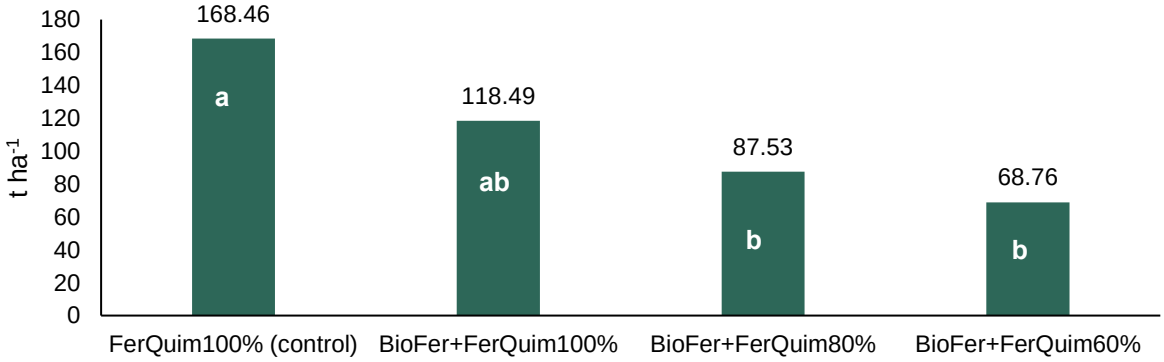


Figura 1. Rendimiento estimado por efecto de los tratamientos. Medias con letras similares indica que no hay diferencias significativas a un nivel de P≤0.05.

Pese a que no se superó al rendimento del testigo (100% de fertilización química), cabe resaltar que aún con una reducción del 40 % de fertilizante, se logró en este ensayo mantener un rendimiento promedio de 68.76 t/ha (Figura 1) rendimiento mayor al de la media nacional. Por lo que el uso de biofertilizantes sigue siendo una alternativa frente al costo elevado de los fertilizantes químicos, siempre y cuando se apliquen en la etapa fenológica adecuada y en complemento fertilización química y al uso de bioinsumos. Cada año, la industria de la caña acumula millones de toneladas de subproductos como la vinaza rica en fósforo y potasio que puede complementar el uso de biofertilizantes de este tipo y asegurar mayor población de tallos de buen peso.

Conclusiones

La reducción del 20 % fertilización química de la dosis de fertilización requerid de NPK, aseguró mayor peso por tallo moledero.

El uso de *Azospirillum* spp y *Bacillus* spp mejora los niveles de fósforo en el suelo al ser aplicados como biofertilizantes.

El uso de biofertilizantes debe aplicarse en complemneto con la fertilización química para asegura rendimientos.

Referencias bibliográficas

Arreola-Enriquez, J., Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Camacho-Chiu, W., Obrador-Olán, J. J., Juárez-López, J. F., Y Pastrana-Aponte, L. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. Terra Latinoamericana, vol. 22 (3), pp. 351-357.

Aguado-Santacruz Gerardo Armando, Jesús Manuel Arreola-Tostado, César Aguirre-Mancilla, Edmundo García-Moya. 2024. Use of systemic biofertilizers in sugarcane results in highly reproducible increments in yield and quality of harvests, Heliyon 10 (7). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28750.

Reyes-Castillo, A., Gerding, M., Oyarzua, P., Zagal, E., Gerding, J., Fisher, S. 2019. Plant growth-promoting rhizobacteria able to improve NPK availability: selection, identification and effects on tomato growth. Chilean Journal of Agricultural Research 79(3):473-485. doi:10.4067/S0718-58392019000300473.

Santos, R. M. d., Kandasamy, S., & Rigobelo, E. C. 2018. Sugarcane growth and nutrition levels are differentially affected by the application of pgpr and cane waste. MicrobiologyOpen, 7(6). https://doi.org/10.1002/mbo3.617

Velasco-Velasco, J. 2018. Los biofertilizantes y la producción de Caña de azúcar (*Saccharum spp*.) AGRO PROCTIVIDAD. En https://siiba.conadesuca.gob.mx/siiaca/Consulta/verDoc.aspx?num=398.

ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA EN CHILTEPÍN BAJO DIFERENTE POTENCIAL OSMÓTICO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Moreno-Gudiño Idalia[1], Ramírez-Solorio Yerania Guadalupe[1], Angulo-Castro Azareel[2], Hernández-Ortega Herminia Alejandra[1], Sánchez-Rangel Juan Carlos[1], Carballar-Hernández Santos[3], Armenta-Ayala José Oscar[2], Gutiérrez-Campos José Manuel[1y 2*]

[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima; [2]Facultad de agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa; [3]Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.
*Autor para correspondencia: jgutierrez80@ucol.mx

Palabras clave: *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, solución Steiner, biomasa seca.

Introducción

La nutrición de una especie vegetal se puede evaluar a través de la producción de materia seca de los diferentes órganos en la planta. Esta acumulación de materia seca está íntimamente relacionada con el crecimiento y la absorción-asimilación de los nutrientes minerales (Barraza, 2012). Para que una planta tenga un crecimiento óptimo debe conseguirse un potencial osmótico adecuado en el agua de riego o en el medio (suelo o sustrato), sin embargo, cuando estas sobrepasan el umbral se presentan trastornos nutrimentales y fisiológicos en la planta. Los cuales se traducen en disminución de desarrollo y crecimiento, por consecuente, acumulación de materia seca (de Queiroz-Lopes *et al*. 2019).

En el caso de chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* [Dunal] Heiser & Pickersgill), chile silvestre que se ha popularizado en los últimos años por su distintivo picor, sabor y comercialización, las investigaciones se han enfocado en la adaptabilidad en diferentes condiciones ambientales (radiación, temperatura, humedad relativa, etc.), poco se ha estudiado sobre la nutrición del cultivo (Jiménez-Leyva *et al*., 2022). Por lo tanto, es escasa la información relacionada con la acumulación de materia seca en el chiltepín que permita identificar el potencial osmótico adecuado y eficientar el uso de fertilizantes, que conlleve a una agricultura rentable con menor impacto ambiental y uso racional de los recursos para la producción (Barraza, 2012). El objetivo de la presenta investigación fue evaluar el efecto del potencial osmótico de la solución nutritiva Steiner en la acumulación de materia seca en *C. annuum* var. *glabriusculum*.

Materiales y métodos

Sitio experimental. El experimento se realizó de 10 de enero de 2025 a 28 de marzo de 2025, se llevó a cabo a campo abierto en los terrenos de prácticas en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Colima, CP. 28930, ubicada la autopista Colima-Manzanillo km 40, Col. La Estación, Tecomán, Colima, cuyas coordenadas geográficas son 18° 56´ 54.8´´ LN y 103° 53´ 52.5´´ LO.

Material vegetal. Se utilizaron 5 g de semilla de chile chiltepín (*C. annuum* var. *glabriusculum*) de la cosecha del año anterior. Las semillas fueron inmersas durante 24 h en agua destilada con 500 ppm de ácido giberélico y, a continuación, se sembraron en charolas de 128 cavidades que contenían sustrato BM" (Berger®) cuya mezcla es turba, perlita y vermiculita (pH= 5.5). El semillero se regó diariamente y cuando presentó las hojas verdaderas se aplicó solución nutritiva Steiner (pH= 5.5 y CE= 0.8 dS m^{-1}). Las plántulas se consideraron aptas para el establecimiento de la investigación cuando presentaron ocho hojas verdaderas y 20 cm de altura.

Diseño experimental. El experimento se condujo bajo un diseño completamente al azar, en el que se utilizaron cinco tratamientos con ocho repeticiones. Los tratamientos consistieron de solución nutritiva Steiner (1984) con diferente potencial osmótico (MPa): T1= -0.036, T2= -0.054, T3= -0.072 y T4= -0.090 MPa (Cuadro 1). La unidad experimental fue una bolsa plástica de polietileno negro de 13 L de capacidad y una planta de chiltepín. Las bolsas fueron distribuidas en líneas con distancia de 0.50 m entre plantas y 1.50 m entre hileras para una densidad de 13 333 plantas ha^{-1}.

Manejo agronómico. El chile se manejó bajo un sistema semihidropónico con riego por goteo tipo botón con gasto de 8 L h^{-1} y distribuidores tipo estaca. Las plántulas se trasplantaron a bolsas de polietileno negro de 37x37 cm (13 L), en el interior de la bolsa se colocó arena de rio. Previo al trasplante, las bolsas con el sustrato se desinfectaron con solución de hipoclorito de sodio (200 ppm, pH= 4) y, posteriormente, se efectuó un riego pesado para eliminar el exceso de sales.

Cuadro 1. Contenido nutrimental de la solución nutritiva Steiner empleada en los tratamientos para la obtención de la materia seca en el chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*).

Tratamiento	NO_3^{-1}	$H_2PO_4^{-1}$	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	K^{+1}	Mg^{+2}	Potencial osmótico
	meq L^{-1}						MPa
T1	6.0	0.50	3.50	4.50	3.50	2.0	-0.036
T2	9.0	0.75	5.25	6.75	5.25	3.0	-0.054
T3	12.0	1.00	7.00	9.00	7.00	4.0	-0.072
T4	15.0	1.25	8.75	11.25	8.75	5.0	-0.090

Al trasplante, se aplicó solución nutritiva Steiner (pH= 5.5 y CE=1.0 dS m^{-1}) por 15 días y posteriormente se aplicaron los tratamientos. El chiltepín se condujo bajo tutor tipo holandés con espaldera en "V" a crecimiento libre. El tutorado se efectuó con rafia de polipropileno blanco, cuya primera línea fue a los 15 cm de altura. La polinización se realizó durante la floración-fructificación de forma manual con vibraciones mecánicas sobre los tutores.

*Variables de respuesta***.** El material vegetal se obtuvo a los 78 días después del trasplante. La planta se extrajo de las bolsas con sustrato y se separaron sus órganos (hoja, tallo, raíz, flores y frutos). El material se dispuso en bolsas de papel de estraza y posteriormente, se colocó en estufa con recirculación forzada de aire a 60 °C durante 72 h. Transcurrido el tiempo de secado, se obtuvo el peso de materia seca (g) de cada órgano con una balanza analítica (Sartorius, MA 30).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos de las variables se sometieron a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (Levene) para verificar los supuestos del diseño para su posterior análisis de varianza (α=0.05) y prueba de comparación de medias por Tukey mediante el programa R (versión 4.4.1).

Resultados y discusión

La acumulación de materia seca en chiltepín por efecto de la irrigación con diferentes potenciales osmóticos en la solución nutritiva se presenta en el Cuadro 2. Las plantas expuestas a los diversos potenciales osmóticos se mostraron similares en la acumulación de materia seca en hojas, en cambio, para tallo la acumulación aumento conforme el potencial osmótico se incrementó hasta -0.072 MPa donde posteriormente declinó (-0.090 MPa). Por su parte, la materia seca de la raíz fue afectada por potenciales menos negativos (-0.036 y -0.054 MPa) y obtuvo valor máximo a -0.072 MPa. En flor de chiltepín, los valores extremos de potencial osmótico (-0.036 y -0.090 MPa) presentaron mayor acumulación en comparación con lo obtenido a -0.054 MPa. Para el fruto, los potenciales entre -0.036 a -0.072 MPa mostraron significativamente la misma acumulación de materia seca, superior a la obtenida a -0.090 MPa. Por último, la materia seca total se incrementó de forma proporcional al aumento del potencial hasta -0.072 MPa y decaer a -0.090 MPa.

Cuadro 2. Acumulación de materia seca (g) de chiltepín bajo diferentes potenciales osmótico en la solución nutritiva a 78 después del trasplante.

Tratamientos	Hoja	Tallo	Raíz	Flor	Fruto	Total
-0.036 MPa	5.45	13.57 bc	6.98 b	0.26 a	7.00 a	33.27 bc
-0.054 MPa	6.34	14.91 ab	6.86 b	0.06 b	8.99 a	37.17 ab
-0.072 MPa	7.06	17.97 a	9.13 a	0.16 ab	8.86 a	43.19 a
-0.090 MPa	5.40	11.14 c	7.54 ab	0.23 a	3.33 b	27.65 c
DMSH	2.18	3.61	1.88	0.13	3.54	6.42
P-value	0.1419	<0.001	0.0101	0.0014	<0.001	<0.001

Medias seguidas de distinta letra dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes según prueba de comparación múltiple de Tukey (P<0.05).

Los efectos del incremento del potencial osmótico han sido reportados en pimiento morrón, donde la acumulación de materia seca aumenta a medida que se concentra la solución nutritiva, hasta llegar a 2.15 dS m^{-1} en el agua de riego; al superar este umbral de salinidad se observó una reducción en la biomasa

(de Queiroz-Lopes *et al*., 2019). En esta investigación, el tratamiento de estrés moderado (-0.090 MPa) equivalente a 2.5 dS m^{-1} mostró menor acumulación de materia seca en contraste a aquellos que no superan los 2 dS m^{-1} (<-0.072 MPa).

Es importante matizar que el incremento del potencial osmótico moderado y temporal puede inducir estrés hídrico y favorecer respuestas fisiológicas complejas. Es así que la salinidad o el alto potencial hídrico del sustrato incrementan la dificultad de captación de agua y alteran la nutrición mineral (de Queiroz-Lopes *et al*. 2019; Sanjuan-Martínez *et al.* 2022). Estos efectos reducen el crecimiento radicular y foliar, que se traduce en la disminución de la producción total de materia seca.

Conclusiones

La solución nutritiva con potencial osmótico de -0.072 MPa permite mayor acumulación de materia seca en el tallo, la raíz y total en chile chiltepín a los 78 días después del trasplante.

Referencias bibliográficas

Barraza, A.F.V. (2012) Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios*, 17(2):18-29.

De Queiroz-Lopes, M.F., Alves-de Andrade, F.H., Torres-da Silva, R., Silva-Lima, L.K., Alcântara-Bruno, R.L. y Parente-daNogueira, A.L.S. (2019). Chilli tolerance (*Capsicum annuum* L.) submitted to different concentrations of $NaCl^-$ of irrigation water. *Idesia (Arica)*, 37(3):75-79. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000300075

Jiménez-Leyva, A., Orozco-Avitia, J., Gutiérrez, A., Vargas, G., Sánchez, E., Muñoz, E. y Esqueda, M. (2022). Functional plasticity of *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* through multiple traits. *AoB Plants*, 14(3):plac017.

Sanjuan-Martínez, J., Ortiz-Hernández, Y.D., Aquino-Bolaños, T., Cruz-Izquierdo, S., Pérez-Pacheco, R. (2022). Respuesta del chile huacle (*Capsicum annuum* L.) al estrés hídrico bajo invernadero. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 19(4):421-435. https://doi.org/10.22231/asyd.v19i4.1382

Steiner, A.A. (1984). The universal nutrient solution. In *6. International Congress on Soilless Culture, Lunteren (Netherlands), 29 Apr-5 May 1984*. ISOSC.

CRECIMIENTO DE CHILE CHILTEPÍN BAJO DIFERENTES POTENCIALES OSMÓTICOS DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA

Ramírez-Solorio Yerania Guadalupe[1], Moreno-Gudiño Idalia[1], Angulo-Castro Azareel[2], Hernández-Ortega Herminia Alejandra[1], Sánchez-Rangel Juan Carlos[1], Carballar-Hernández Santos[3], Armenta-Ayala José Oscar[2], Gutiérrez-Campos José Manuel[1y 2]*

[1]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima;[2]Facultad de agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa;[3]Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.
*Autor para correspondencia: jgutierrez80@ucol.mx

Palabras clave: *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, solución Steiner, altura de planta.

Introducción

El género *Capsicum*, al que pertenece el chiltepín (*C. annuum* var. *glabriusculum* [Dunal] Heiser & Pickersgill), fue reconocido por la FAO en 1979 como una especie de alta prioridad para estudios de conservación, debido a su importancia económica y la pérdida gradual de su variabilidad genética natural. Esta observación resalta la urgencia de desarrollar métodos efectivos para su conservación y cultivo. A pesar de los esfuerzos recientes para domesticar el chiltepín y establecerlo para su producción, aún no se cuenta con suficiente información sobre sus requerimientos nutricionales específicos (Caughey-Espinoza *et al.*, 2020). La implementación de soluciones nutritivas balanceadas es fundamental para optimizar el crecimiento, la floración y fructificación de las plantas. La elección de estas soluciones para una especie se logra al mezclar diferentes nutrientes en proporciones específicas, que van a dar como resultado un potencial osmótico ideal (concentración de nutrientes). Identificar el potencial osmótico adecuado podría ser la clave para lograr un cultivo exitoso (Lazcano-Bello *et al.*, 2021), en particular para el chiltepín. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento de las plantas de chiltepín bajo diferentes potenciales osmóticos de la solución nutritiva Steiner.

Materiales y métodos

Sitio experimental. El experimento se llevó a cabo a campo abierto del 10 de enero al 28 de marzo de 2025, en los terrenos de prácticas de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (Universidad de Colima). Ubicada en la autopista Colima-Manzanillo km 40, Col. La Estación, Tecomán, Colima, CP. 28930; cuyas coordenadas geográficas son 18° 56´ 54.8´´ LN y 103° 53´ 52.5´´ LO.
Material vegetal. De la cosecha del año 2024 se utilizaron 5 g de semilla de chile chiltepín (*C. annuum* var. *glabriusculum*). Las semillas se dejaron inmersas en agua destilada con ácido giberélico (500 ppm) por 24 h y, a continuación, se sembraron en sustrato BM" (Berger®) cuya mezcla es turba, perlita y vermiculita (pH=5.5), en charolas de 128 cavidades. El semillero se regó a diario y se aplicó solución nutritiva Steiner (pH= 5.5 y CE= 0.8 dS m^{-1}) al surgir las hojas verdaderas. Plántulas con ocho hojas verdaderas y 20 cm de altura fueron consideradas aptas para el establecimiento de la investigación.
Diseño experimental. En el experimento se utilizaron cinco tratamientos con ocho repeticiones bajo un diseño completamente al azar. Los tratamientos se constituyeron de solución nutritiva Steiner (1984) con diferente potencial osmótico (MPa): T1= -0.036, T2= -0.054, T3= -0.072 y T4= -0.090 (Cuadro 1). Cada bolsa plástica de polietileno negro con una planta de chiltepín fue considerada como una unidad experimental. Las bolsas se distribuyeron en líneas a 0.50 m de distancia entre plantas y 1.50 m entre hileras, para una densidad de 13 333 plantas ha^{-1}.

Cuadro 1. Contenido nutrimental de la solución nutritiva Steiner empleada en los tratamientos para la obtención de la materia seca en el chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*).

Tratamiento	NO_3^{-1}	$H_2PO_4^{-1}$	SO_4^{-2}	Ca^{+2}	K^{+1}	Mg^{+2}	Potencial osmótico
	meq L^{-1}						MPa
T1	6.0	0.50	3.50	4.50	3.50	2.0	-0.036
T2	9.0	0.75	5.25	6.75	5.25	3.0	-0.054
T3	12.0	1.00	7.00	9.00	7.00	4.0	-0.072
T4	15.0	1.25	8.75	11.25	8.75	5.0	-0.090

Manejo agronómico. El chile se manejó bajo un sistema semihidropónico con riego por goteo tipo botón con gasto de 8 L h^{-1} y distribuidores tipo estaca. Las plántulas se trasplantaron a bolsas de polietileno negro de 37x37 cm (13 L de capacidad), en el interior de la bolsa se colocó arena de rio. Previo al trasplante, las bolsas con el sustrato se desinfectaron con solución de hipoclorito de sodio (200 ppm, pH= 4) y, posteriormente, se efectuó un riego pesado para eliminar el exceso de sales.
Después del trasplante se aplicó solución nutritiva Steiner (pH= 5.5 y CE=1.0 dS m^{-1}) por 15 días y posteriormente se aplicaron los tratamientos. El chiltepín se condujo bajo tutor tipo holandés con espaldera en "V" a crecimiento libre. El tutorado se efectuó con rafia de polipropileno blanco, cuya primera línea fue a los 15 cm de altura. Durante la floración-fructificación se realizó la polinización de forma manual con vibraciones mecánicas sobre los tutores.
*Variables de respuesta***.** Las variables de crecimiento fueron evaluadas a los 78 días después del trasplante. La altura de planta se midió desde la base del tallo hasta el meristemo apical con flexómetro (HYPER TOUGH™, China); el diámetro de tallo se tomó a los 2 cm de la base del tallo con apoyo de un vernier digital (Truper®, China); la longitud radical con raíces extendidas se tomó desde el cuello del tallo hasta el ápice radical, para su determinación se utilizó una cinta métrica (HYPER TOUGH™, China). El volumen radical se determinó por el método de desplazamiento, se colocaron al interior de una probeta (IVA, Argentina) de 1 000 mL con agua las raíces y se registró la cantidad de agua desplazada.
*Análisis estadístico***.** Los datos obtenidos de las variables se sometieron a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianza (Levene) para verificar los supuestos del diseño para su posterior análisis de varianza (α=0.05) y prueba de comparación de medias por Tukey mediante el programa R (versión 4.4.1).

Resultados y discusión

La irrigación de solución nutritiva con diferente potencial osmótico presentó efecto significativo en el crecimiento de chiltepín (Cuadro 2). La altura de las plantas con potencial osmótico de -0.072 MPa fueron superiores al resto, la menor altura se presentó en plantas sometidas a -0.090 MPa. Por su parte, las plantas cuyos potenciales osmóticos fueron de -0.054 y -0.072 MPa presentaron mayor diámetro de tallo en chiltepín con relación al -0.090 MPa. En relación al volumen radical, el potencial con -0.054 MPa presentó fue diferente a las plantas con -0.036 y -0.090 MPa. Por último, los potenciales osmóticos entre -0.036 y -0.072 mostraron mayor longitud radical en comparación con las plantas expuestas a -0.090 MPa.

Cuadro 2. Crecimiento de chiltepín bajo diferente potencial osmótico de la solución nutritiva a los 78 días después del trasplante.

Tratamientos	Altura de planta	Diámetro de tallo	Volumen radical	Longitud radical
	cm	mm	cm^3	cm
-0.036 MPa	64.00 b	8.11 ab	40.7 b	34.40 a
-0.054 MPa	60.15 b	8.43 a	51.2 a	38.10 a
-0.072 MPa	72.50 a	8.56 a	45.3 ab	39.20 a
-0.090 MPa	52.40 c	7.71 b	31.0 c	27.65 b
DMSH	6.71	0.67	8.87	6.14
P-value	<0.001	0.008	<0.001	<0.001

Medias seguidas de distinta letra dentro de la misma columna son estadísticamente diferentes según prueba de comparación múltiple de Tukey (P<0.05).

Efectos similares reporta De Freitas *et al.* (2017), pues indica que el aumento de 1.7 a 3.7 dS m^{-1} de la conductividad eléctrica utilizada en el agua de riego afectó negativamente la altura de la planta (33%), el diámetro de tallo (8.3%) y el rendimiento por planta (91%).Por su parte, Carballo-Méndez *et al.* (2023) demostraron que la longitud radical disminuía al incrementar de 0.92 a 1.25 dS m^{-1} en plántulas de chile pimiento a los 30 días después de la emergencia. Estos resultados son contrastantes con lo encontrado en esta investigación, pues fue el potencial osmótico requerido de -0.072 a -0.090 MPa (2 a 2.5 dS m^{-1}) para que disminuyera la longitud radical en chiltepín. Esta disminución observada en el crecimiento por efecto de la salinidad en las plantas es producida por la reducción en la absorción del agua (incremento del

potencial osmótico) y la toxicidad iónica, estos traen como consecuencia la reducción del crecimiento vegetal (De Freitas *et al.,* 2017).

Conclusiones

La solución nutritiva Steiner con potencial osmótico de -0.090 MPa disminuye el crecimiento de la altura de planta, volumen y longitud radical en chile chiltepín a los 78 días después del trasplante.

Referencias bibliográficas

Carballo-Méndez, F.J., Urrestarazu, M., Rodríguez-Ortiz, J.C. y Morales, I. (2023). Electrical conductivity of the nutrient solution on the vegetative propagation of bell pepper and tomato. *Ciência Rural*, 53(2):e20210730. http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210730

Caughey-Espinoza, D.M., Buitimea-Cantúa, G.V., Buitimea-Cantúa, N.E., Ayala-Astorga, G.I. y Ochoa-Meza, A. (2020). Propiedades fisicoquímicas y rendimiento de frutos de chile chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum* Dunal) cultivados bajo diferentes condiciones de crecimiento. *IDESIA*, 38(3):77-86. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000300077

De Freitas, F.G., Ramos, C.A., Chaves, L.H.G., Santos, J.J.A. y Gheyi, H.R. (2017). Growth and production of hydroponic pepper under salt stress and plant density. *American Journal of Plant Sciences*, 8:2255-2267. Doi: https://doi.org/10.4236/ajps.2017.89151

Lazcano-Bello, M.I., Sandoval-Castro, E., Tornero-Campante, M.A., Hernández-Hernández, B.N., Ocampo-Fletes, I. y Díaz-Ruíz, R. (2021). Evaluación de sustratos, solución nutritiva y enraizador en producción de plántulas de jitomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(1): 61-76. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2450

Steiner, A.A. (1984). The universal nutrient solution. In 6. International Congress on Soilless Culture, Lunteren (Netherlands), 29 Apr-5 May 1984. ISOSC.

APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS DE PASTIZALES NATURALES DEGRADADOS

Gisela Dayanlin Valdes-Hernandez, [1]Francisca Avilés-Nova,[1*] Isaac Domínguez- Hernández[1], Octavio A. Castelán-Ortega[2], Dalia F. Ríos-Avilés[1]

[1]Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México.
*Autor para correspondencia: favilesn@uaemex.mx

Palabras clave: Suelos, degradación, abonos orgánicos.

Introducción

El suelo es importante en el ambiente natural, por el cual se encuentra constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, nutrientes que desempeñan procesos para poder aportar a las necesidades esenciales de las plantas, además el tener una buena calidad de suelo está relacionado con una agricultura sustentable (SADER, 2023). La fertilidad del suelo es necesaria para la agricultura, ya que es posible preservar la salud y la capacidad productiva del suelo para aportar nutrientes a nuestras plantas, los análisis fisicoquímicos del suelo nos permiten conocer las características del suelo y por ello podemos corregir o mejorar sus condiciones (INIFAP, 2023). Implementar estrategias como la incorporación de abonos orgánicos para disminuir la degradación del suelo y preservar los pastizales. El objetivo de la investigación fue evaluar la aplicación de abono orgánicos, para la recuperación de suelos degradados de pastizales naturales en cuanto a sus características físicas y químicas.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en una pradera de pastizal en la comunidad del Peñón Temascaltepec, Estado de México. Se tomaron muestras del suelo al inicio del experimento, en diciembre 2022 y al final del experimento, en febrero 2023. Se utilizaron 12 micro parcelas de 1 m x 2 m. 3 repeticiones (micro parcelas) por tratamiento. Los análisis químicos y físicos se realizaron en el laboratorio de suelos del Centro Universitario Temascaltepec de acuerdo con la norma NMX-FF-109-SCFI-2008. Los tratamientos fueron: T1: Abono Verde, T2: Vermicompost, T3: Compost y T:4 suelo sin abono orgánico (Testigo), como se muestra en el Cuadro 1. Las propiedades químicas que se determinaron fueron los macronutrientes (NPK) por el método de colorimetría por medio del fotómetro Multiparamétricos HANNA HI83325-01, la Materia Orgánica se estimó con el Factor de conversión Van Benmelen y el pH se medió con un potenciómetro. Las características físicas determinadas fueron: texturas se obtuvo utilizando el método de Bauyucos, el color (Tabla Munsell), densidad aparenté (método de la probeta), densidad real (método de picnómetro) y porosidad.

Se utilizo un diseño con bloques completamente al azar. Se evaluaron tres tratamientos (Abonos orgánicos y un testigo). Se utilizaron 3 micro parcelas por tratamiento cada una representó la unidad experimental y una repetición. El análisis estadístico, se analizaron los datos a través de ANOVA. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$), utilizando el programa MINITAB, 2009. V16.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en las micro parcelas

Tratamiento	Descripción	Cantidad utilizada
T1	Abono Verde (tallos y hojas de maíz cacahuazintle)	1.5 toneladas/ha
T2	Vermicompost	1.5 toneladas/ha
T3	Compost (75% desechos de hortalizas + 25% de heces.)	1.5 toneladas/ha
T4	Testigo (Suelo sin aplicar abonos orgánicos).	

Resultados y discusión

Los abonos orgánicos como estrategia de recuperación en suelos degradados de pastizales naturales es una alternativa que se implementó en el suelo dañado, los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 2, las características físicas de cada tratamiento aplicado tuvieron un efecto lento, se vieron reflejados en los resultados como en la densidad aparente fue poco notorio el cambio, de igual forma en la densidad real

y el porcentaje de textura, la única característica que se vio reflejado el cambio fue el color, que paso de café rojizo a café amarillo oscuro ya que al incorporar materia orgánica obtuvo este cambio.
Las características químicas si mostraron diferencias significativas entre tratamientos; el tratamiento 1 abono verde se muestra su alto contenido de nitrógeno, se utilizó como fuente de nitrógeno que se le incorporo al suelo, no obstante, los demás tratamientos 2 y 3 también mostraron aumento en este elemento. Los tratamientos 2 y 3 demostraron incremento de propiedades químicas en el suelo, la composta mostro mayor contenido de potasio, se cree que por los desechos de hortalizas obtuvo ese gradual contenido. El pH del suelo después de la aplicación de los tratamientos aumento mostrando diferencias significativas ($p= 0.008$) entre tratamientos y el testigo. El pH del suelo con los tratamientos orgánicos presentó en promedio 6.94 de pH, lo cual indica que mejoró la disponibilidad de nutrientes del suelo para las plantas del pastizal. La aplicación de los tratamientos mostro aumento de nutrientes en diferentes proporciones, pero beneficiando al suelo y a los pastizales que lo habitan, para disminuir la erosión. la constante aplicación de cualquier tipo de abono orgánico para que permita el óptimo funcionamiento del suelo como ecosistema.

Cuadro 2. Propiedades fisicoquímicas del suelo antes de la aplicación de los abonos orgánicos y después de la aplicación.

Variables	**T4: Suelo inicial (Sin aplicación de Abono orgánico)**	**T1: Abono Verde (tallos y hojas de maíz cacahuazintle)**	**T2: Vermicompost**	**T3: Compost (75% desechos de hortalizas + 25% de heces)**
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Color	Café rojizo	Café Amarillo oscuro	Café Amarillo oscuro	Café Amarillo oscuro
Densidad aparente	1.1	0.96	1.04	1.04
Densidad real	56.21	53.87	55.9	55.46
Porosidad %	98.43	98.20	98.16	98.0
pH	5.06	7.23	6.95	6.66
M.O %	1.34	8.1	5.08	4.37
N m/l	16.43	30.23	26.28	22.1
P m/l	0.55	0.83	1.01	0.93
K m/l	1.4	12.63	13.63	16.71

Conclusiones

El uso de los abonos orgánicos fue una estrategia de regeneración de los suelos degradados de pastizales naturales, mejoro las propiedades químicas del suelo, todos los tratamientos mostraron un incremento de nutrientes, esto ayudando al suelo para mejorar sus condiciones. Las propiedades físicas fueron las que menos cambiaron, por el poco tiempo en el que se obtuvieron los resultados, de igual forma incremento el desarrollo del pastizal de la pradera, pero el tratamiento 1 (Abono verde) mostro mayor incremento el cual se puede utilizar como alternativa para mejorar las condiciones de suelos degradados para preservar los pastizales nativos que son utilizados como fuente de alimento para el ganado.

Referencias

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (23 de febrero de 2023). Análisis físico - químicos y microbiológicos del suelo. Gobierno de México. https://www.gob.mx/inifap/articulos/analisis-fisico-quimicos-y-microbiologicos-del-suelo#:~:text=El%20INIFAP%20a%20trav%C3%A9s%20de,normativa%20nacional%20e%20internacional%2C%20brinda

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (09 de febrero de 2023). Conoce los beneficios de un buen manejo de suelo: Productor, productora, ten presente que los suelos sanos son la base de la producción de alimentos sanos. Gobierno de México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/conoce-los-beneficios-de-un-buen-manejo-de-suelo

EFECTO DEL MANEJO ORGÁNICO EN LA RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO

César Antonio Casasola-Elizondo[1*], David Cristóbal- Acevedo[2]

[1]CIRSE-Campo Experimental Chetumal, INIFAP; [2]DEIS-Suelos, UACh.
*Autor para correspondencia: casasola.cesar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Materia orgánica, humedad aprovechable, manejo convensional.

Introducción

El suelo es un sistema vivo, heterogéneo y dinámico que incluye la interacción de componentes físicos, químicos y biológicos (van Es, 2017). La fertilidad de éste, se define como la calidad que posee para proporcionar nutrientes en cantidades adecuadas para el crecimiento de los cultivos. Estudiar las propiedades físicas del sistema suelo con relación al aprovechamiento del recurso natural agua, aporta información valiosa sobre el impacto que tienen las practicas agrícolas, pecuarias y forestales en su funcionamiento. Para revertir el deterioro de los suelos y recuperar sus propiedades, se han implementado algunos enfoques como son el uso de cultivos de cobertura, labranza cero, rotación de cultivos e incorporación de materia orgánica a través de residos de cosecha o animal (Cooper *et al*., 2020), sin embargo, el efecto positivo de éstas practicas de gestión es difícil de detectar antes de 5 años (Sequeira y Alley, 2011) incluso algunos autores consideran se requiere entre 20 a 60 años para que la materia orgánica se estabilice. Para demostrar el efecto de la incorporación de residuos de cosecha en la agricultura, se evaluo la conductividad hidráulica saturada, la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente, la humedad aprovechable y el contenido de materia orgánica en dos parcelas con distinto manejo agronómico. El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto que tiene el incorporar residuos de cosecha del cultivo de maíz en algunos parámetros de humedad del suelo en un sistema con manejo orgánico contra un sistema con manejo convencional. La hipótesis es que el tratamiento en el sistema orgánico en comparación con el convencional retendrá más humedad en la capa agrícola (0 - 0.3 m) debido al incremento de la materia orgánica por la adición de residuos de cosechas.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en una parcela experimental con un suelo clasificado como Inceptisol, de textura franco arenosa (62.04 % de arena, 20.72 % de limo y 17.24 % de arcilla), con una densidad aparente de 1.4 g cm^{-3} y una profundidad de 1.2 m. El pH del suelo fue de 6.6 y la pendiente del terreno del 2 %, ubicado a una altitud de 2250 msnm. La zona presenta una precipitación media anual de 645 mm y una temperatura media anual de 15 °C, con ocurrencia de heladas tempranas a fines de septiembre y tardías en abril. Las muestras de suelo se recolectaron en unidades experimentales manejadas durante más de 15 años bajo un sistema convencional (barbecho, rastra, surcado y siembra), cultivadas con monocultivo de maíz y fertilizadas con una dosis de 200-100-60 kg ha^{-1} de N–P_2O_5–K_2O. En este manejo, se aplicó el 50 % del nitrógeno (N) y el 100 % del fósforo (P) y potasio (K) al momento de la siembra, mientras que el 50 % restante del nitrógeno se aplicó al final del desarrollo vegetativo (75 días después de la siembra).
Las fuentes utilizadas fueron sulfato de amonio (21 % N), superfosfato simple (18 % P_2O_5) y sulfato de potasio (50 % K_2O). En contraste, en la parcela con manejo conservación-orgánico se incorporó de manera anual un promedio de 8 Mg ha^{-1} de residuos de cosecha (hojas y tallos de maíz) provenientes del ciclo anterior, sin realizar aplicaciones de fertilizantes minerales, con el propósito de promover la regeneración de la fertilidad natural del suelo y el desarrollo de la microfauna edáfica. En cada parcela experimental, se empleo un muestreo sistemático en cuadrícula con una separación equidistante de 5 m entre cada punto de muestreo y una profundidad de 0 – 0.3 m, se colecto un total de 214 individuos muestra (152 del sistema conservación-orgánico y 62 del sistema convencional). Cada muestra de suelo se seco a temperatura ambiente, sobre papel con volteos constantes y sin exposición directa al sol. Se procedió a moler las muestras secas con un mazo de madera y se tamizo por una malla número 10 (2 mm por pulgada lineal) como lo indica el método AS-01 de la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002). Los parámetros de humedad de suelo, capacidad de campo (CC; agua retenida a 0.3 bar) con la olla de presión, y el punto de marchitez permanente (PMP; agua retenida a 15 bar) con la membrana de presión, la humedad aprovechable (HA; diferencia CC y PMP) se efectúo a través del método AS-06 y el contenido de materia orgánica con el método AS-07 (SEMARNAT, 2002). La conductividad hidráulica saturada (K_s; cm h^{-1}) se realizó con ayuda del permeámetro de carga constante en muestras saturadas. Se utilizó un análisis de

componentes principales, técnica estadística multivariada que reduce la dimensionalidad con un muestro aleatorio simple (MAS) en cada unidad experimental, obteniéndose un total de 40 individuos muestra (20 del sistema convencional y 20 del sistema conservación-orgánico). Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) con la librería FactoMineR del software Rstudio v.1.2.1335 donde los eigenvalores muestran la contribución de cada variable.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de componentes principales revelan que la mayor proporción de la varianza en las propiedades del suelo evaluadas se explica por la capacidad de campo (CC), representada en el primer componente principal (PC1), que por sí sola abarca el 52% de la variabilidad total. Esta variable, estrechamente vinculada al contenido y estructura del suelo, destaca como el principal determinante de la humedad edáfica. El segundo y tercer componente (materia orgánica y humedad aprovechable) aportan el 19% y 16% de la varianza, lo que sugiere una influencia relevante pero subordinada. Estos resultados coinciden con estudios previos que señalan el papel de la materia orgánica en la mejora de la retención de agua, por su capacidad de incrementar la porosidad y la capacidad de intercambio del suelo. La baja contribución de la conductividad hidráulica (K_s), con apenas un 1% de la varianza total, indica una menor influencia en las condiciones evaluadas, posiblemente debido a una menor variabilidad en los sitios muestreados o a condiciones hidrofísicas homogéneas. En conjunto, los tres primeros componentes explican el 87% de la variabilidad, lo que justifica su uso como indicadores clave en estudios de manejo hídrico y conservación del suelo bajo sistemas orgánicos y convencionales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contribución de la varianza de parámetros de humedad y materia orgánica del suelo.

Componente	Eigenvalor	% Varianza	% Varianza acumulado
PC1 CC	2.61	0.52	0.52
PC2 MO	9.29^{-1}	0.19	0.71
PC3 HA	8.12^{-1}	0.16	0.87
PC4 PMP	6.44^{-1}	0.12	0.99
PC5 K_s	1.52^{-6}	0.01	1.00

CC: capacidad de campo, PMP: punto de marchitez permanente, HA: humedad aprovechable, K_s: conductividad hidráulica, MO: materia orgánica.

Se destaca una correlación positiva alta (r = 0.96, $^{**}p < 0.001$) entre CC y la HA, lo que sugiere una fuerte relación lineal entre ellas (Figura 1). El análisis de componentes principales reveló una clara separación entre los tratamientos de manejo convencional y orgánico, explicando el 62.1 % de la variabilidad total mediante los dos primeros componentes (PC1 y PC2). Las elipses de confianza sugieren agrupamientos consistentes según el tipo de manejo, con el manejo orgánico mostrando mayor dispersión. Las variables vectores indican que componentes como PMP y CC están fuertemente asociadas a PC1, mientras que MO y K contribuyen en mayor medida a PC2. Estos resultados indican que la incorporación de residuos influye de forma diferenciada en la dinámica del suelo según el sistema de manejo (Figura 1).

Conclusiones

La incorporación de residuos de cosecha mejora la calidad del suelo y contribuye a la sostenibilidad agrícola. En este estudio, su adición bajo un manejo orgánico incrementó de manera significativa ($p \leq 0.05$) la capacidad de retención, disponibilidad de agua y contenido de materia orgánica en el suelo, en comparación con el manejo convencional, evidenciando su efectividad como estrategia de mejora hídrica en sistemas agrícolas.

Agradecimientos y Fuente financiadora

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma Chapingo y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP–AGRICULTURA) por el respaldo institucional y el acceso a los recursos documentales que hicieron posible la realización de esta investigación.

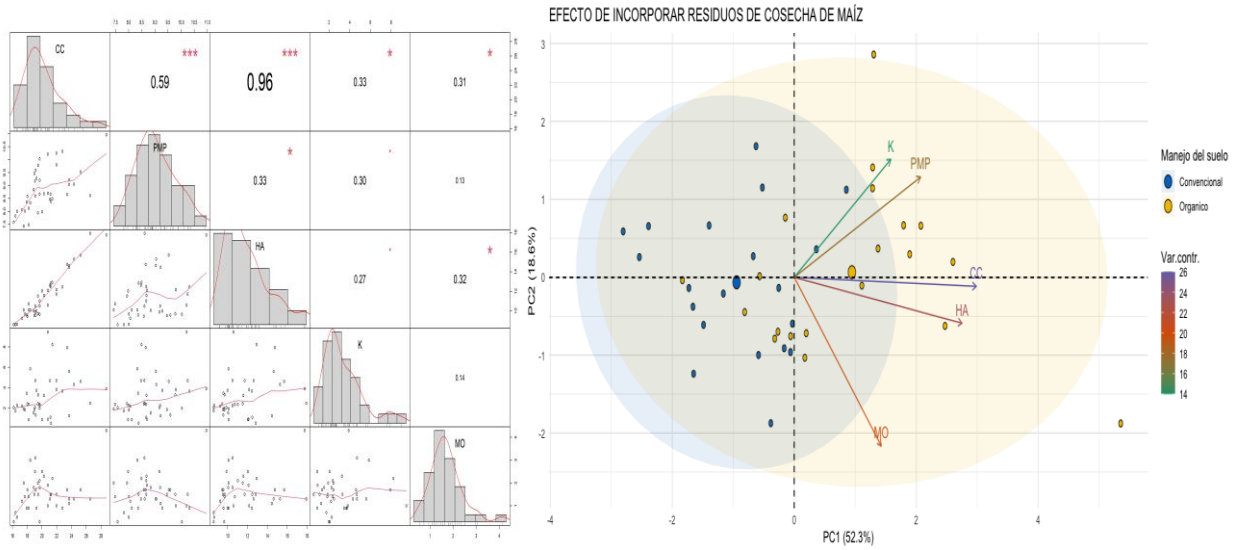


Figura 1. A) Análisis de coeficientes de correlación de Pearson entre los parámetros de humedad y el contenido de materia orgánica del suelo. B) Análisis de componentes principales del manejo del sistema convencional y orgánico. CC: capacidad de campo, PMP: punto de marchitez permanente, HA: humedad aprovechable, K_s: conductividad hidráulica, MO: materia orgánica; *, **, *** significativo ($P \leq 0.001$, 0.01 y 0.05).

Referencia bibliográfica

Cooper, J., Greenberg, I., Ludwig, B., Hippich, L., Fischer, D., Glaser, B., Kaiser, M., 2020. Effect of biochar and compost on soil properties and organic matter in aggregate size fractions under field conditions. Agric Ecosyst Environ 295, 106882. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106882

SEMARNAT, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 antes NOM-021-RECNAT-2000. Diario Oficial de la Federación 1–73. (Consultado 5 de agosto de 2023). URL http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf

Sequeira, C.H., Alley, M.M., 2011. Soil Organic Matter Fractions as Indices of Soil Quality Changes. Soil Science Society of America Journal 75, 1766–1773. https://doi.org/10.2136/sssaj2011.0067

van Es, H., 2017. A New Definition of Soil. CSA News 62, 20–21. https://doi.org/10.2134/csa2017.62.1016

ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y EXPANSIÓN FOLIAR DEL CHILE SERRANO (*Capsicum annuum* L.) BAJO DISTINTOS NIVELES DE COMPACTACIÓN DEL SUELO

Rolando Ávila Ayala[1]*, Vicente Espinosa-Hernández[2], Nicacio Cruz-Huerta[1]

[1]Colegio de Postgraduados. Programa de Recursos Genéticos y Productividad – Fisiología Vegetal,
[2]Colegio de Postgraduados. Programa de Edafología.
*Autor para correspondencia: rolando.avila@colpos.mx

Palabras clave: Densificación, compactación, crecimiento radical.

Introducción

En México, el cultivo de chile es de gran importancia agrícola, con una superficie sembrada de 173,869 hectáreas en 2023 y un valor de producción superior a los 45 mil millones de pesos. La modificación de las condiciones ambientales del entorno, a través de la optimización de los factores que requiere el cultivo, permite favorecer la expresión del potencial productivo de cada genotipo evaluado (Ramírez, *et al* 2018). Sin embargo, la compactación es una forma de degradación, dificultando el desarrollo radicular de las plantas, y obteniendo valores cada vez más bajos de producción (Colombi & Walter, 2017). Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra conocer las propiedades físicas del suelo a fin de entender en qué medida estas influyen en el crecimiento de las plantas y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas (Stefanoski *et al*., 2013). En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes niveles de compactación del suelo sobre la acumulación de biomasa seca en órganos vegetativos y el área foliar del chile serrano (*Capsicum annuum* L.).

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el invernadero de Fisiotecnia Vegetal del Campus Montecillo, perteneciente al Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Se emplearon plántulas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) de 60 días de edad, previamente establecidas en charolas germinadoras. Las plántulas fueron trasplantadas en macetas plásticas con capacidad aproximada de 1 L, las cuales contenían un suelo de textura arcillosa previamente tamizado y compactado de acuerdo con los tratamientos establecidos. Se evaluaron tres niveles de compactación del suelo: T1 (Testigo): Suelo sin compactación (1.2 kg por maceta); T2: 1.5 kg de suelo compactado en 1 L; y T3: 1.7 kg de suelo compactado en 1 L. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones (bloques), empleando una planta por unidad experimental. Las condiciones de riego, temperatura y luminosidad se mantuvieron homogéneas durante todo el ciclo de cultivo. La medición de las variables se realizó semanalmente y a los 102 días se levantó todo el experimento. Para determinar el área foliar (AF, cm²), las hojas de cada planta fueron dispuestas individualmente sobre una superficie blanca y fotografiadas con una cámara digital, utilizando una regla graduada como escala de referencia. Las imágenes obtenidas se analizaron mediante el software ImageJ®, empleando el modo de umbral automático para segmentar las hojas y calcular el área proyectada. Posteriormente, los órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas) fueron separados, colocados en bolsas de papel previamente etiquetadas y secados en una estufa con circulación de aire forzado a 70 °C durante 72 horas o hasta alcanzar peso constante. El peso seco se determinó con una balanza analítica. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) para detectar efectos significativos entre tratamientos. En caso de diferencias significativas, se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Fisher (LSD, $\alpha = 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el entorno estadístico R, versión 4.3.1.

Resultados y discusión

Peso seco de las partes vegetativas en el chile serrano. El incremento en la compactación del suelo redujo de manera consistente la acumulación y distribución de biomasa seca entre los órganos vegetativos del chile serrano (Figura 1). A medida que el nivel de densificación del suelo aumentó de 1.2 a 1.7 kg dm^{-3}, se observó una disminución progresiva en la biomasa acumulada en raíz, hojas, tallo y total. En todas las variables evaluadas se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. Después de 102 días de cultivo, la mayor biomasa total se registró en el tratamiento con densidad de 1.2 kg dm^{-3}, con un valor de 2.34 g planta^{-1}, mientras que la menor se presentó en el tratamiento de 1.7 kg dm^{-3}, con 1.19 g planta^{-1}, lo que representa una reducción del 48.8 %. En cuanto a la distribución por órganos, la biomasa

de raíz disminuyó de 0.65 g a 0.36 g planta^{-1} (44.5 % menos), la de hojas de 0.96 g a 0.49 g planta^{-1} (48.7 % menos) y la de tallo de 0.56 g a 0.30 g planta^{-1} (reducción del 46.5 %). Estos resultados evidencian que la mayor densificación del suelo limita el crecimiento vegetativo del chile serrano, posiblemente al restringir el desarrollo radicular y, con ello, la absorción de agua y nutrientes necesarios para la formación de biomasa en los órganos aéreos.

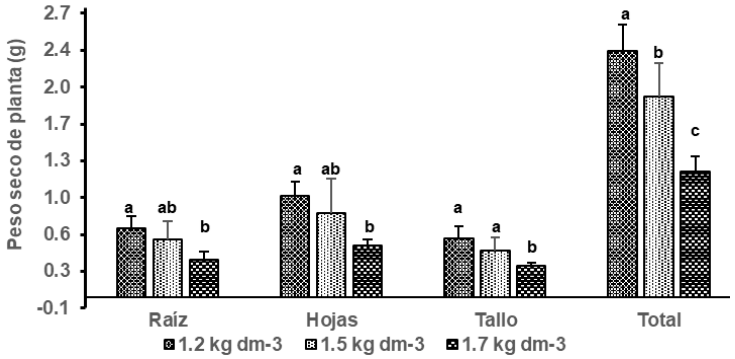


Figura 1. Cuantificación de biomasa seca en órganos (raíz, hojas, tallo) y total en plantas de chile serrano, después de 102 días de cultivo bajo tres niveles de densificación del suelo.

Peso seco de raíz. La acumulación de biomasa seca en la raíz del chile serrano mostró un patrón de crecimiento progresivo durante el ciclo de cultivo en todos los niveles de densificación del suelo (Figura 2). Sin embargo, la magnitud del crecimiento varió según el nivel de compactación, especialmente en las etapas finales. En las primeras evaluaciones (60 y 67 días después del trasplante), los valores de biomasa radicular fueron similares entre tratamientos, con valores promedio de 0.097 g planta^{-1}. No obstante, a partir de los 81 días, comenzaron a observarse diferencias notables. En este punto, el tratamiento 3 presentó la mayor acumulación (0.255 g planta^{-1}), ligeramente superior al tratamiento 2 y 1 (0.236 g y 0.223 g, respectivamente). A partir de los 88 días, el tratamiento con menor densificación (1.2 kg dm^{-3}) mostró una mayor tasa de acumulación de biomasa, alcanzando el valor máximo de 0.657 g planta^{-1} a los 102 días, mientras que los tratamientos con 1.5 y 1.7 kg dm^{-3} alcanzaron solo 0.554 y 0.365 g, respectivamente. La acumulación de biomasa radicular fue progresivamente limitada por el incremento en la compactación del suelo, especialmente hacia el final del ciclo. El tratamiento con mayor compactación (1.7 kg dm^{-3}) presentó una reducción del 44.5 % en biomasa de raíz respecto al tratamiento menos compacto (1.2 kg dm^{-3}) al final del periodo evaluado. (Rasche, *et al.,* 2020)

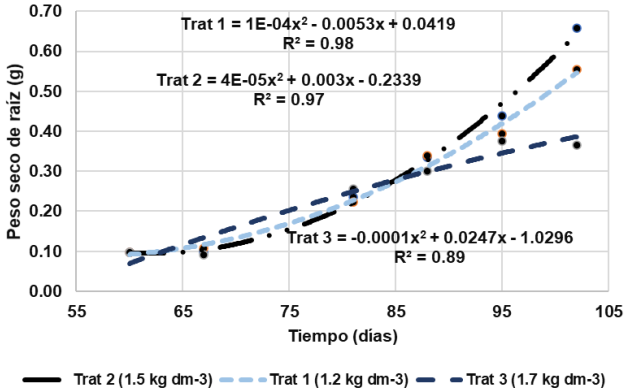


Figura 2. Acumulación de materia seca de la raíz de plantas de chile serrano después de 102 días de cultivo bajo tres niveles de densificación del suelo.

Área foliar. El desarrollo del área foliar en plantas de chile serrano mostró un patrón de crecimiento dependiente del tiempo y fuertemente influenciado por el nivel de compactación del suelo (Figura 3). Si bien en las primeras etapas del cultivo (60 a 81 días después del trasplante) los tratamientos no presentaron diferencias aparentes, a partir de los 88 días comenzaron a manifestarse contrastes evidentes entre los

niveles de densificación. A los 88 días, el tratamiento con 1.2 kg dm⁻³ comenzó a destacar con un área de 62.05 cm² planta⁻¹, en comparación con 54.69 cm² para 1.5 kg dm⁻³ y 51.63 cm² para 1.7 kg dm⁻³. Finalmente, a los 102 días, la diferencia entre tratamientos se acentuó. El tratamiento con 1.2 kg dm⁻³ alcanzó un área foliar máxima de 188.50 cm² planta⁻¹, mientras que 1.5 kg dm⁻³ llegó a 147.87 cm² y 1.7 kg dm⁻³ solo alcanzó 83.87 cm², lo que representa una reducción del 55.5 % respecto al tratamiento con menor compactación. Estos resultados indican que el incremento en la densidad aparente del suelo limitó significativamente la expansión foliar, especialmente en las últimas etapas del desarrollo, lo cual podría afectar la capacidad fotosintética y, en consecuencia, el rendimiento del cultivo.

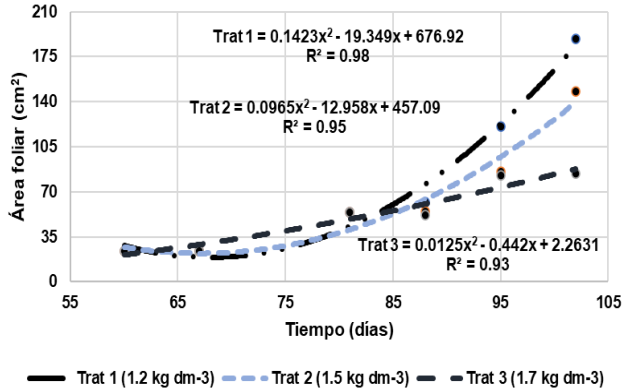


Figura 3. Comportamiento del área foliar en plantas de chile serrano después de 102 días de cultivo bajo tres niveles de densificación del suelo.

Conclusiones

El aumento en la compactación del suelo afectó negativamente el desarrollo vegetativo del chile serrano, reduciendo la acumulación de biomasa seca en raíz, tallo, hojas y área foliar. A mayor densidad aparente, menor fue la biomasa total, con el mejor desempeño en el tratamiento de 1.2 kg dm⁻³. Estos resultados destacan la importancia de un manejo adecuado de la densidad del suelo para favorecer el crecimiento radicular y la asignación de biomasa, optimizando así el rendimiento del cultivo.

Agradecimientos

Al Área de Fisiotecnia Vegetal, Postgrado de Fisiología Vegetal, del Programa de Recursos Genéticos y Productividad, del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (antes CONACYHT) por la beca otorgada para la realización de este trabajo de investigación.

Referencias bibliográficas

Ramírez Matarrita, R., Aguilar Rodríguez, J., & Meza Rodríguez, L. (2018). Adaptabilidad de seis cultivares de chile dulce bajo invernadero en Guanacaste. Revista Alcances Tecnológicos, 12(1), 13–23. https://bit.ly/3X1KN2S

Rasche Alvarez, Jimmy Walter, Gomez, Esteban Jandrey, Fatecha Fois, Diego Augusto, & Leguizamón Rojas, Carlos Andrés. (2020). Compactación del suelo y su efecto en el crecimiento vegetativo de soja, maíz y guandú. Investigación Agraria, 22(1), 13-21. Epub 00 de junio de 2020.https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2020.junio.13-21.

Stefanoski, D. C., Santos, G. G., Marchão, R. L., Petter, F. A. y Pacheco, L. (2013). Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 17(12), 1301-1309. Recuperado de https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200008.

Colombi, T., & Walter, A. (2017). Genetic Diversity under Soil Compaction in Wheat: Root Number as a Promising Trait for Early Plant Vigor. Frontiers in Plant Science, 8(March), 1–14. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00420.

SECCIÓN 4
Manejo agronómico



"AFERRÁNDOSE A UNA BUENA COSECHA" / *David Sánchez Aspeytia*

CALIDAD Y RENDIMIENTO DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) CHOCOLATE EN BOLSA DE CRECIMIENTO Y SUELO CON ACOLCHADO EN INVERNADERO

Wilberth Chan-Cupul, Adriana Juárez-Cuevas, José Manuel Gutiérrez-Campos, Rafael Julio Macedo-Barragán*

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima.
*Autor para correspondencia: macedo@ucol.mx

Palabras clave: Anchura de fruto, longitud de fruto, peso de fruto.

Introducción

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es uno de los chiles más apreciados en el comercio internacional y nacional por su pungencia y sus características de calidad. Es cultivado principalmente en la zona comprendida por los estados que conforman la península de Yucatán cuyas condiciones climáticas, han favorecido la existencia de numerosas variedades nativas y la Introducción y siembra de variedades mejoradas que se diferencian entre otras cosas, por el color del fruto en estado maduro que puede ser anaranjado, rojo, amarillo o café (Ruiz-Lau *et al.,* 2011).

El chile habanero café también denominado negro, tiene una gran importancia económica por su elevado grado de picor y demanda culinaria, sin embargo, su cultivo se limita a algunas zonas reducidas de la costa de Michoacán y a diferencia de otros genotipos, la información sobre su comportamiento productivo es escasa (Tapia-Vargas *et al*., 2016).

Recientemente, en el estado de Colima se han evaluado diversas tecnologías con el fin de incrementar el rendimiento del chile habanero como son el uso de acolchados y bolsas de crecimiento (Toscano-Verduzco, 2023; Llamas *et al*., 2024) y, aunque la producción de chile habanero ha crecido de manera importante, predomina la siembra de híbridos de fruto anaranjado como Chichen Itza y Megalodón, en tanto que las variedades de fruto café aún no han sido cultivadas.

Objetivo

Evaluar la calidad y rendimiento del chile habanero Chocolate cultivado en bolsa y acolchado en condiciones de invernadero en el estado de Colima.

Materiales y métodos

El estudio se realizó dentro de un invernadero tipo gótico en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Colima, ubicado en las coordenadas geográficas 18° 57’ 10” N y 103° 53’ 46 O, a una altura de 33 msnm. El suelo del área experimental fue franco-arenoso (arcilla 17%, arena 77% y limo 6%) con CE y pH de 2.5 mS cm^{-1} y 6.88, respectivamente.

Se usaron semillas de chile habanero Chocolate (Seminis, USA) las cuales se sembraron a una profundidad de 0.5 – 1 cm en charolas previamente desinfectadas de polietileno blanco de 200 cavidades (Hortiblock®, México) rellenas de sustrato Peat Moss (BM8, Canadá). Después de la siembra las charolas fueron cubiertas con bolsas negras durante cinco días para inducir la germinación y una vez emergidas las plántulas, se descubrieron y se colocaron sobre mesas para su riego y fertilización hasta el trasplante en cual se realizó a los 60 días.

Para la siembra en el suelo con acolchado se realizó un deshierbe manual y se removieron los primeros 30 cm de suelo con pico y azadón para formar las camas de siembra. Las plantas se trasplantaron a una distancia de 30 cm y la distancia entre surcos fue de 1.3 m lo que resultó en una densidad de plantación de 22 311 plantas ha^{-1}. Se empleó un acolchado de color blanco/negro, calibre 80, el cual se colocó de forma manual sobre la cama y las orillas se cubrieron con tierra. Para la siembra en bolsa se utilizaron 14 bolsas de cultivo de 100 x 16 x 18 cm (28.8 cm^3) rellenos con fibra y polvillo de coco a una proporción de 70:30 colocados sobre tabiques para aislarlos del suelo. A cada uno de ellos se les hizo tres orificios con una separación de 30 cm y se colocó en su interior una plántula. La distancia entre hileras fue de 1.3 m resultando en una densidad de plantas similar a la utilizada en la siembra con acolchado (Figura 1). La nutrición se efectuó por fertirrigación en cuatro etapas de acuerdo con la fenología del cultivo y para el manejo fitosanitario de las plagas que se emplearon productos biorracionales, biológicos y químicos.

Al momento de la cosecha se seleccionaron de forma aleatoria 15 frutos por tratamiento y se midió su longitud, anchura y peso. Además, se contabilizaron el número total y peso de los frutos cosechados en 12

plantas por tratamiento durante 13 cortes realizados en un periodo de 92 días. Para calcular el rendimiento en t ha^{-1}, se sumó el peso de todas las cosechas y se multiplicó por 22 311 plantas. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con dos tratamientos (cultivo en bolsa de crecimiento y suelo acolchado). Los datos se analizaron con una prueba de comparación de medias t-Student para muestras independientes ($\alpha<0.05$). El análisis se realizó con el paquete estadístico StatGraphics para Windows.

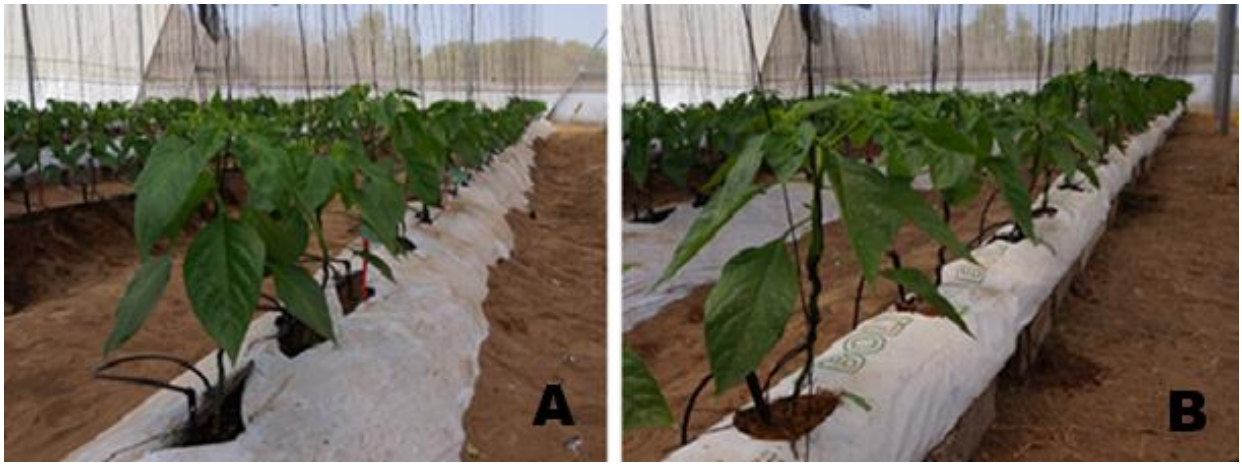


Figura 1. Chile habanero chocolate cultivado en acolchado (A) y en bolsa de cultivo (B).

Resultados y discusión

La longitud, diámetro y peso del fruto de habanero Chocolate fue mayor cuando la planta fue sembrada en suelo acolchado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Calidad de fruto de chile habanero Chocolate cultivado en bolsa y acolchado en invernadero.

Tratamiento	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Peso (g)
Bolsa	38.84 ± 6.91 b	24.16 ± 3.27 b	5.75 ± 1.84 b
Acolchado	42.90 ± 5.45 a	27.97± 3.62 a	7.57 ± 1.99 a

[a,b] Medias en la misma columna con distinta literal son estadísticamente diferentes t-Student (P≤0.05).

Con respecto al rendimiento, el número de frutos $planta^{-1}$, los gramos de fruta $planta^{-1}$ y el rendimiento en t ha^{-1} fue mayor cuando la planta fue cultivada en suelo acolchado observándose un incremento del 37.54%, en la cantidad de frutos producidos por planta y del 88.78% para el rendimiento en g $planta^{-1}$ y ton ha^{-1} (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de chile habanero Chocolate cultivado en bolsa y acolchado en invernadero.

Tratamiento	Rendimiento		
	Frutos $planta^{-1}$	g $planta^{-1}$	ton ha^{-1}
Bolsa	110.75 ± 61.06 b	514.58 ± 259.95 b	11.48 ± 5.80 b
Acolchado	152.33 ± 59.81 a	971.42 ± 361.95 a	21.67 ± 8.08 a

[a,b] Medias ± desviación estándar en la misma columna con distinta literal son estadísticamente diferentes t-Student (P≤0.05).

En el presente estudio, la longitud y diámetro del fruto bajo los dos sistemas de cultivo fueron mayores a las observadas por Tapia-Vargas *et al*. (2016) para chile habanero negro, quienes registraron valores de 24.5 y 22.7 mm respectivamente, sin embargo, los mencionados autores registraron un peso promedio del fruto significativamente mayor al aquí observado con un valor promedio de 20.7 g. En este sentido, un mayor espesor de la pared del fruto y la presencia de un menor número y tamaño de los lóculos podría explicar el porqué, el peso de frutos de menor tamaño puede ser mayor que el de frutos de mayor dimensión. Con respecto al rendimiento por planta, Tapia-Vargas *et al*. (2016) reportan un rendimiento de 179.7 g planta-1 y de 418.9 g planta-1 en plantas tratadas con hormonas, ambos rendimientos, menores a

los aquí encontrados. Cabe señalar que en el mencionado estudio los autores no señalan el número de cortes realizados a la planta por lo que este último resultado debe ser tomado con reserva. Asimismo, las diferencias en el manejo agronómico y de los genotipos afectan las variables productivas registradas en ambos estudios pues mientras en este se utilizó semilla comercial, Tapia-Vargas *et al*. (2016) utilizaron material originario de la costa michoacana.

La calidad de la fruta y el rendimiento fue mayor cuando la planta fue cultivada en suelo con acolchado que en bolsa. De acuerdo con Torres *et al*. (2017), el uso de acolchados proporciona a la planta un ambiente adecuado que permite adelantar el periodo de floración e incrementar el amarre de la fruta. Por el contrario, Toscano-Verduzco (2023) señala que el uso de acolchados causa un incremento en la temperatura y una mayor concentración de sales en el suelo lo que ocasiona estrés abiótico en las plantas y afecta de forma negativa su desarrollo.

Recientemente, Llamas *et al*. (2024) lograron producciones de 59.63 y 65.87 t ha^{-1} para los híbridos Chichen Itza y Megalodón respectivamente, cultivados bajo condiciones similares a las del presente estudio esto es, en un sistema semihidropónico, en bolsas de crecimiento rellenas de fibra y polvillo de coco bajo condiciones de invernadero, lo que demuestra la viabilidad y potencial productivo de esta tecnología.

Conclusiones

El chile habanero Chocolate mostró mejor calidad y mayor rendimiento cuando fue sembrado en suelo acolchado que en bolsa de crecimiento.

Referencias bibliográficas

Llamas, R. D. D., Chan, C.W., García, L. F. A., & Hernández, O. H. A. (2024). Rendimiento de dos híbridos de Capsicum chinense Jacq. en bolsas de cultivo con fibra de coco. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 28, 43-54.

Ruiz-Lau, N., Medina, L. F., & Martínez, E. M. (2011). El chile habanero: su origen y usos. *Ciencia*, *62*(3), 70-77.

Tapia-Vargas, M., Larios-Guzmán, A., Díaz-Sánchez, D. D., Ramírez-Ojeda, G., Hernández-Pérez, A., Vidales-Fernández, I., & Guillén-Andrade, H. (2016). Producción hidropónica de chile habanero negro (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 241-245.

Torres, B. A. I., Morales, M. A., Grijalva, C. R. L., Cervantes, D. L., & Núñez-Ramírez, F. (2017). Hierro foliar y acolchado plástico en Capsicum chinense Jacq. infectado con tospovirus. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 369-380.

Toscano-Verduzco, F.A. (2023). Efecto de la malla sombra y acolchado sobre el rendimiento de Capsicum chinense Jacq. híbrido Megalodon en invernadero. Tesis de Maestría. Universidad de Colima.

EFECTO DE LA DISTANCIA ENTRE HILERAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE ELOTE (*Zea mays* L.) EN COQUIMATLÁN, COLIMA

David Isaías Espinosa-Aguilar, José Manuel Gutiérrez-Campos, Miguel Ángel Barreto-Torres, Rafael Julio Macedo-Barragán*

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima.
*Autor para correspondencia: macedo@ucol.mx

Palabras clave: Arreglo espacial, calidad del elote, índice relativo de fotosíntesis.

Introducción

La producción mundial de elote en el año 2022 fue de 10 224,093.20 t de las cuales, México produce 1 120 675.49 t, lo que lo ubica como el segundo mayor productor mundial, solo por atrás de los Estados Unidos de América. Por su parte, en el estado de Colima se destinan 3,398 hectáreas para la producción de elote que representan el 7.15% de la superficie nacional dedicada a este cultivo y ubicado como el mayor octavo productor de este cultivo. La producción estatal de elote en el año 2023 fue de 49,736 t, siendo el municipio de Coquimatlán el principal productor con un aporte de 23,462 t, equivalentes al 60% de la producción del estado. En este municipio, la siembra del maíz para elote se realiza tradicionalmente con una densidad de 50,000 plantas ha^{-1} las cuales se siembran con una separación entre hileras y entre plantas de 80 y 25 cm respectivamente (García-Ballesteros *et al*., 2024).

Diversos estudios han documentado que además de la densidad, el arreglo espacial del cultivo (distancia entre hileras y distancia entre plantas) afectan el crecimiento y fenología de la planta y el rendimiento del cultivo del maíz (Bernhard y Below, 2020; Gao *et al*., 2021). Estos estudios indican que, al disminuir la distancia entre hileras con el fin de aumentar el espacio entre plantas dentro de una hilera, se reduce el hacinamiento, por lo tanto, la competencia entre plantas permite que el cultivo utilice mejor la luz, el agua y nutrientes disponibles. Una menor competencia y una mayor equidistancia entre plantas debido a un espaciamiento más estrecho entre hileras incrementa el rendimiento de grano debido a una mayor cobertura y maximización de la intercepción de la radiación activa fotosintética, a un incremento en la biomasa y a un aumento en el número de granos producidos por unidad de área. Estos estudios, sin embargo, se han realizado en maíz para grano por lo que, existe poca información al respecto en maíz cultivado para la producción de elote.

Objetivo

Evaluar el efecto de la distancia entre hileras sobre el crecimiento de la planta y las características y rendimiento del elote en Coquimatlán, Colima, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en rancho “La Brasilera”, localizado en Coquimatlán, Colima, México en las coordenadas geográficas 19°13’51’’ N 103°50’08’’ a una altura de 360 m.s.n.m. Cuenta con un clima cálido subhúmedo con una temperatura y precipitación media anual de 26.6°C y 870 mm respectivamente. El suelo del área experimental es un Fluvisol.

La preparación del terreno consistió en un riego de remoje mediante agua rodada, después se dejó el suelo a capacidad de campo. Posteriormente se realizó un rastreo a una profundidad de 30 cm y se surcó a tres distintas distancias (60, 80 y 100 cm). La siembra se llevó a cabo de forma manual depositándose dos semillas por orificio y posteriormente se realizó un aclareo con la finalidad de asegurar la población de plantas deseada. Se utilizó un sistema de riego por gravedad y se realizaron un total de cinco riegos a los 25, 45, 60, 70 y 80 días después de siembra (DDS). La dosis de fertilización fue 222-46-09 y se realizó en tres momentos: en la siembra se aplicaron 60 y 46 kg ha^{-1} de N y P respectivamente. A los 35 DDS se aplicaron 63 kg ha^{-1} de N y a los 60 DDS 99 y 9 kg ha^{-1} de N y K respectivamente.

Para el control de malezas se aplicó una dosis de 40 g i.a. ha^{-1} de nicosulfuron a los 40 días DDS y para el control de gusano cogollero se aplicaron 6 g i.a. ha^{-1} de spinoteram a los 32 DDS y 14 gr i.a. ha^{-1} de benzoato de emamectina y 19.25 g i.a. ha^{-1} de lufenuron a los 65 DDS.

Se utilizó una densidad de siembra de 50,000 plantas ha^{-1} con tres arreglos espaciales: T1) 100 cm entre hileras y 20 cm entre plantas. T2) 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y T3) 60 cm entre hileras y 33 cm entre plantas. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad

experimental constó de una parcela de 5 m de largo por 1.80, 2.40 y 3.0 m de ancho para T1, T2 y T3 respectivamente, para un área de parcela total de 9, 12 y 15 m2 respectivamente.
A los 87 días después de siembra se seleccionaron al azar 10 plantas de cada parcela experimental y se midió la altura de la planta, altura a la inserción del elote, diámetro del tallo, longitud y anchura de hoja, índice de clorofila, lote, longitud del elote, longitud del elote lleno, diámetro del elote, peso del elote con hojas, peso del elote sin hojas y rendimiento.
El índice relativo de clorofila se midió con un medidor de clorofila Fieldscout CM 1000 (Spectrum Technologies®, Aurora, Illinois, USA) mientras que, con los valores de longitud y anchura de la hoja se estimó el área foliar con la fórmula: Área foliar = (longitud de hoja*anchura de hoja) * 0.75.
La información se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) y a una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($p < 0.05$). Los análisis se ejecutaron con el paquete estadístico SPSS versión 25.0.

Resultados y discusión

Las plantas de maíz sembradas a una distancia entre hileras de 100 cm mostraron mayor altura, diámetro de tallo, área foliar e índice relativo de clorofila que las sembradas a una distancia entre hileras de 80 y 60 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Altura de planta, altura a la inserción del elote, diámetro de tallo, área foliar e índice de clorofila del maíz híbrido A7573 sembrado en tres distancias entre hileras.

Variable	Distancia entre hileras			P-valor
	100	80	60	
AP (cm)	271.95 ± 4.98 a	261.75 ± 2.11 b	252.80 ± 13.43 c	0.000
AI (cm)	153.63 ± 1.82 a	148.97 ± 1.98 b	142.30 ± 12.12 c	0.000
DT (cm)	3.43 ± 0.17 a	3.14 ± 0.19 b	2.61 ± 0.19 c	0.000
AF (cm^2)	901.29 ± 37.85 a	864.80 ± 24.48 b	845.73 ± 47.10 b	0.000
IC	513.00 ± 18.15 a	494.80 ± 23.65 b	435.50 ± 27.33 c	0.000

Medias ± desviación estándar con diferente literal en la misma fila son estadísticamente diferentes entre sí (Prueba de Tukey, p<0.05).
AP = Altura de la planta; AI = Altura a la inserción del elote; DT = Diámetro de tallo; AF = Área foliar; IC = Índice relativo de clorofila.

Los elotes provenientes de plantas sembradas en hileras distanciadas a 80 y 100 cm tuvieron mayor longitud y diámetro en tanto que estos últimos fueron más pesados. El rendimiento de elote por hectárea fue significativamente mayor conforme se incrementó la distancia entre hileras (Cuadro2).

Cuadro 2. Longitud del elote, longitud del elote lleno, diámetro del elote, peso del elote con hojas, peso del elote sin hojas y rendimiento del maíz híbrido A7573 sembrado en tres distancias entre hileras.

Variable	Distancia entre hileras			P-valor
	100	80	60	
LE (cm)	31.25 ± 1.03 a	30.83 ± 1.50 a	30.14 ± 1.06 b	0.000
DE (cm)	6.19 ± 1.01 a	6.01 ± 0.37 a	5.09 ± 0.85 b	0.000
PC (g)	592.13 ± 49.27 a	532.40 ± 40.09 b	466.70 ± 44.40 c	0.000
PS (g)	455.77 ± 41.27 a	408.23 ± 39.39 b	347.33 ± 42.63	0.000
RE (t/ha)	29.61 ± 2.46 a	26.62 ± 2.00 b	23.34 ± 2.22 c	0.000

Medias ± desviación estándar con diferente literal en la misma fila son estadísticamente diferentes entre sí (Prueba de Tukey, p<0.05).
LE = Longitud del elote; DE = Diámetro del elote; PC = Peso del elote con hojas; PS = Peso del elote sin hojas; RE = Rendimiento.

Los resultados del presente estudio coinciden con los de Ramírez-Gómez *et al*. (2020), quienes registraron un mayor rendimiento de grano cuando el maíz fue sembrado en hileras con 1 m de separación en comparación con el sembrado a una distancia de 0.80 m entre hileras. De acuerdo con Gardner *et al*. (1985), a una misma densidad de plantas, al incrementarse la distancia entre hileras se ocasiona un mayor estrés por hacinamiento al reducirse el espacio entre plantas dentro de la hilera, lo que resulta en una reducción del ancho de la hoja. Esta disminución en el ancho de la hoja permite que una mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) penetre en la parte inferior del dosel de la planta, lo que

ocasiona una mejor distribución de esta radiación capturada en las hojas superiores e inferiores, lo que, a su vez, aumenta el potencial fotosintético debido a que la eficiencia en el uso de RFA se incrementa a niveles bajos. Además, una mayor fotosíntesis a la altura del elote incrementa el aporte de carbohidratos a este, ya que la proximidad a órganos en crecimiento activo es un factor determinante en la asignación de nutrientes.

Por el contrario, diversos autores han documentado que al reducirse el espaciamiento entre hileras se incrementa el crecimiento de la planta, la producción de biomasa y el rendimiento del maíz, situación aquí no observada toda vez que, las plantas sembradas a 60 cm mostraron el peor comportamiento productivo. Bernhard y Below (2020) mencionan que cuando la distancia entre hileras es menor, se observa un mayor índice de área foliar lo que implica una mayor intercepción de la radiación solar durante el período de formación de grano. Gao *et al*. (2021), indican que reducir el espaciamiento entre hileras reduce la competencia radicular especialmente en dirección horizontal y mejora el rendimiento del maíz. Asimismo, regula la relación entre el crecimiento aéreo de la planta y las raíces.

Los resultados del presente estudio cobran especial relevancia si se considera que la siembra del maíz para elote en el estado de Colima se realiza mayoritariamente con una distancia entre hileras de 80 cm, por lo que, incrementar esta distancia en 20 cm y una planta más por metro lineal, constituye una estrategia viable para mejorar el rendimiento y las características del elote y en consecuencia los ingresos del productor.

Conclusiones

La siembra del maíz a una distancia entre hileras de 100 cm mejoró el crecimiento de la planta y las características y rendimiento del elote.

Referencias bibliográficas

Bernhard, B. J., & Below, F. E. (2020). Plant population and row spacing effects on corn: Plant growth, phenology, and grain yield. Agronomy Journal,112, 2456–2465.

Gao, J., Lei, M., Yang, L., Wang, P., Tao, H., & Huang, S. (2021). Reduced row spacing improved yield by optimizing root distribution in maize. European Journal of Agronomy, 127, 126291.

García-Ballesteros, O. A., Hernández-Ortega, H. A., Gutiérrez-Campos, J. M., Martínez-Ramírez, J. N., Villavicencio-Lugo, F. E., & Macedo-Barragán, R. J. (2024). Efecto de la densidad de siembra sobre las características y rendimiento del elote en Coquimatlán, Colima, México. En INIFAP (Ed.). Memorias de la XIV Reunión Nacional de Investigación Agrícola (pp. 301-303). Aguascalientes, México.

Gardner, F. P., Pearce, R.B., & Mitchell, R.L. (1985). Physiology of crop plants. Ames, Iowa: Iowa State University Press.

Ramírez-Gómez, J. S, De la Rosa-Santamaría, R., Miranda-Colín, S., García-Zavala, J. J., Mejía-Contreras, J. A., García-Velázquez, A., & Vargas-Villamil, L. M. (2020). Comportamiento agronómico del maíz tropical Dosmesano nativo de Tabasco, México bajo diferentes densidades de siembra. Revista Fitotecnia Mexicana, 43(3), 251 – 258.

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR EN LA CALIDAD DE LA MASA DE TRES VARIEDADES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

Agustín Limón-Ortega*[1], Eliel Martínez-Cruz[1], René Hortelano-SantaRosa

[1] C. E. Valle de México-INIFAP.
*Autor para correspondencia: limon.agustin@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fósforo; potasio; farinología.

Introducción

El trigo de temporal en Valles Altos de México se siembra anualmente en un promedio de 30 mil has (SIACON, 2022) y se maneja de acuerdo a un paquete tecnológico que no incluye la aplicación de insumos foliares que mejoren la calidad panadera. Los suelos se caracterizan por su alto contenido de potasio (K) intercambiable el cual no está necesariamente disponible para la planta. Consecuentemente, la calidad de grano que se obtiene es el resultado de un manejo prudente de cultivo, a lo cual se suman las condiciones ambientales (clima y suelo) de cada región y las genéticas de la variedad sembrada (Wilkes *et al*., 2010). No obstante, esta calidad podría mejorarse en muchos casos a partir de la modificación al manejo tradicional del cultivo. Esta modificación consiste en la inclusión de K aplicado de manera foliar ya que este elemento es fundamental en la calidad del grano (Pettigrew, 2008). Sin embargo, para que el uso de este nutriente por parte de la planta sea eficiente, es fundamental considerar una fertilización balanceada con otros elementos tales como el fosforo (P) (Ryan *et al*., 2012). De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de P y K en la calidad de la harina de tres variedades de trigo de temporal.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en tres localidades; dos en el estado de México (Juchitepec-Juchi y Tenango del Aire-TA) y una en Tlaxcala (Nanacamilpa-Nana). La siembra se realizó cuando las condiciones de humedad se consideraron adecuadas. En cada una de estas localidades se sembraron tres variedades de trigo panificable caracterizadas por su gluten fuerte; Nely F2022, Terre F2022 y Valles F2015. La densidad de siembra, fertilización granulada y control de malezas se realizó de manera estándar de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por él INIFAP. El trabajo consistió en la aplicación de dos tratamientos en la etapa de amacollamiento a base de insumos foliares: P+K y K, más una parcela testigo (sin foliares). Las dosis de aplicación fueron de 3 kg P_2O_5/ha y 3 K_2O/ha para P y K, respectivamente. Los tratamientos se arreglaron completamente al azar. Para propósitos de este resumen, se presentan datos de volumen de pan, fuerza de la masa y proteína en harina. El volumen de pan se determinó con el método de desplazamiento de semilla de colza, la fuerza de maza con el alveógrafo de Chopin, y proteína con NIR. También se colectaron muestras de suelo en cada localidad.

Resultados y discusión

De acuerdo a las Figuras 1A y 1B, el volumen de pan y fuerza de la masa de las variedades bajo estudio reaccionan de manera diferente a la aplicación de los insumos foliares. Por ejemplo, la masa de Nely F2022 bajo el tratamiento testigo generó un mayor volumen de pan que con la aplicación de insumos. En contraste, la aplicación de P + K en Terre F2022 y Valles F2015, la masa produjo un mayor volumen de pan comparado con el testigo y la aplicación de K (Figura 1A). Por otra parte, el volumen de pan también presentó variaciones entre localidades, en orden decreciente: TA= 825 > Juchi= 742 > Nana= 660 cm^3. Esta variación podría estar relacionada el N-NH_4 del suelo (TA=15.6>Juchi=12.3>Nana=8.8 mg/kg), y probablemente tambien con el nitrógeno total.

En cuanto a la fuerza de la masa, la aplicación de P + K a la variedad Terre F2022 incrementó su fuerza, mientras que para Nely F2022 y Valles F2015 el incremento no fue considerable (Figura 1B). Estos resultados corroboran la importancia de una fertilización balanceada a base de P y K (Ryan *et al*., 2012) para mejorar esos parámetros reológicos en dos variedades de trigo de temporal en México. Así mismo, se corrobora que además del efecto ambiental y genético en la calidad (Martínez-Cruz *et al*., 2016), también el manejo agronómico juega un papel fundamental.

De acuerdo a la Figura 2, existe una relación entre el volumen de pan y el contenido de proteína en harina en dos de las variedades estudiadas (Terre F2022 y Valles F2015). El contenido de proteína en harina

explica entre el 53 y 72 % de las variaciones en el volumen de pan. Sin embargo, de acuerdo a la pendiente de regresión, la tasa de aumento en volumen de pan es más alta para la variedad Valles F2015 que para Terre F2022. En contraste, el volumen de pan de la variedad Nely F2022 no mostró una relación significativa con la proteína en harina.

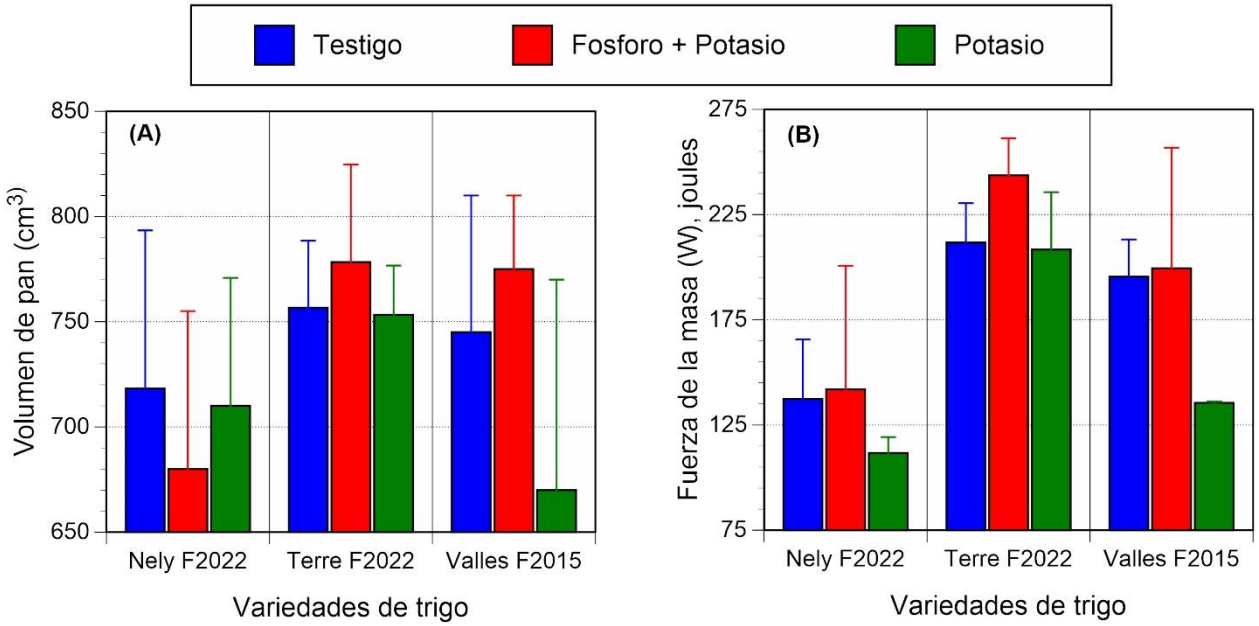


Figura 1. Efecto de dos insumos foliares en el volumen de pan (A) y fuerza de la masa (B) de tres variedades de trigo.

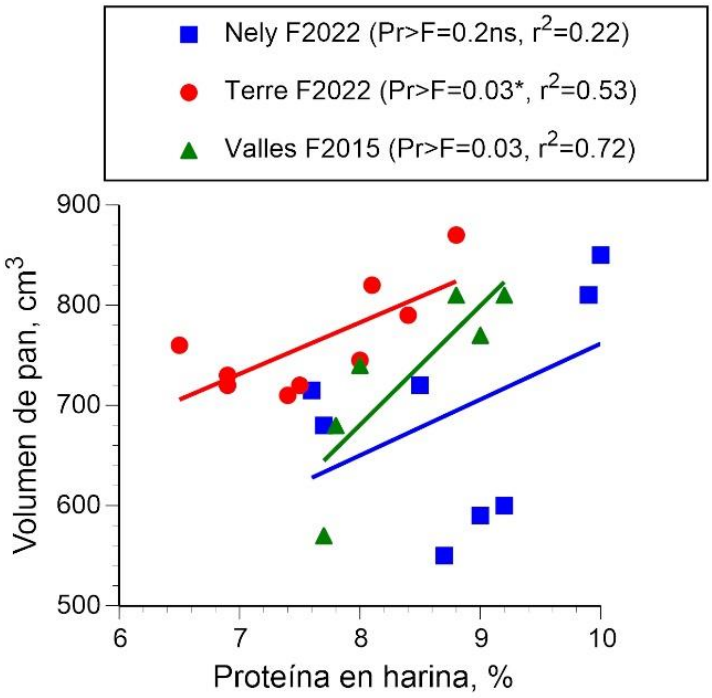


Figura 2. Relación entre volumen de pan y contenido de proteína en harina de tres variedades de trigo.

Conclusiones

El presente trabajo demuestra que existe una diferencia varietal en cuanto al efecto por la aplicación de insumos foliares a base de P y K en la calidad reológica. Por otra parte, los resultados indican la importancia

de la aplicación de K combinado con P para mejorar los parámetros evaluados. El K por sí mismo, tiene generalmente un efecto adverso en el volumen de pan y fuerza de la masa. Así mismo, las evaluaciones sugieren que además de los efectos ambientales y genéticos en la reología de la masa, también el manejo agronómico del cultivo interviene dentro de los factores que definen la calidad. No menos importante, hay variables de suelo con posible relación con la calidad, pero se necesita un mayor número de sitios para corroborar esta tendencia.

Agradecimientos
Los autores agradecen la colaboración del personal del laboratorio de farinología en CEVAMEX para la preparación de muestras y la estimación de parámetros.

Fuente financiadora
Este trabajo de investigación se realizó con fondos del proyecto fiscal “Programa Nacional de Mejoramiento Genético para Generar Variedades Resistentes a Royas, de alto Rendimiento y alta Calidad para una Producción Sustentable de Trigo en México” con numero SIGI 153335532.

Referencias bibliográficas

Martínez-Cruz, E., Espitia-Rangel, E., Villaseñor-Mir, H.E., Santa-Rosa, R.H., Pérez-Herrera, P., Limón-Ortega, A. 2016. Calidad industrial de germoplasma introducido de trigo (Triticum aestivum L.) en condiciones de temporal en México. Agrociencia, 50:449-458.

Pettigrew, W.T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. Physiologia Plantarum, 133: 670-681. doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01073.x

Ryan, J., Sommer, R., Ibrikci H. 2012. Fertilizer best management practices: a perspective from the dryland West Asia-North Africa region. J Agr Crop Sci. 198:57-67. doi:10.1111/j.1439-037X.2011.00488.x

Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). 2022. Gobierno de México.

Wilkes, M.A., Seung, D., Levavasseur, G., Trethowan, R., Copeland, L. 2010. Effects of soil type and tillage on protein and starch quality in three related wheat genotypes. Cereal Chem. 87:95-99.

PROPUESTA DE UN MODELO DE CRECIMIENTO DE ARÚGULA CULTIVADO EN UNA FÁBRICA DE PLANTAS CON LUZ ARTIFICIAL

Jorge Flores Velázquez*[1], Francisco García Herrera[1], Agustín Ruiz García[2], Aranza Navarrete Torres[1]

[1]Postgrado en Hidrociencias. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carr. Mex-Tex, Km 36.5, 56264 Texcoco Edo de México; [2]Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma Chapingo. Carr. Mex-Tex, Km 38.5, 56230 Texcoco Edo de México.
*Autor para correspondencia: jorgelv@colpos.mx

Palabras clave: Agricultura urbana, hortalizas, luces led.

Introducción

La evolución de técnicas de producción ha estado marcada, precisamente por el deseo de ese control y en consecuencia el uso eficiente de recursos. Sea control ambiental, suministro de riego y fertilizantes o gestión de la planta misma, generalmente es útil el uso de modelos que permiten simular procesos físicos o fisiológicos, a partir de variables de entrada que pueden ser medidas directamente, como puede ser la nutrición y en la mayoría de las plantas el nitrógeno en específico. En horticultura, los modelos matemáticos son utilizados generalmente para optimizar la producción, y se han implementado diversos modelos matemáticos para modelar el crecimiento (Talbot and Monfet, 2024). Para lechuga ((Lactuca sativa) se ha usado un modelo considerando la materia seca estructural y no estructural (ignorando la materia seca de raíz) como variables de estado; la variable de entrada está dada por la radiación y la temperatura y variables de salida son la materia seca y área foliar. Henten and Straten (1994) desarrollo un modelo para lechugas, el cual establece como variables de estado el peso seco estructural y no estructural, obteniendo la suma de los dos pesos como el total.

El peso seco no estructural está representado por el contenido de carbohidratos y almidón; y el peso seco estructural representa los componentes totales del peso seco de la planta restando el contenido del peso seco no estructural. Las variables de entrada de un modelo para llevar a cabo la simulación regularmente corresponden a las variables ambientales obtenidas en el cultivo empleado (Straten *et al*., 2010), Para aumentar la producción de un cultivo es necesario optimizar la tecnología aplicada con técnicas de control dentro de un invernadero (Ponce *et al*., 2017) Los avances en la tecnología de los sensores, actuadores, y microcontroladores, son cada vez más eficaces, fiables y baratos, favoreciendo a la horticultura y que, debido a su fácil adquisición, existe la posibilidad de aumentar la efectividad de los invernaderos (Baba *et al*., 2022). El objetivo de este trabajo fue evaluar la acumulación de biomasa y contenido de nitrógeno de Arrúgala producidas en una fábrica de planta con luces artificiales, a través un modelo dinámico mecanicista, en Chapingo, México.

Materiales y métodos

Descripción del sitio experimental. El experimento se desarrolló en el Posgrado de Hidrociencias del Colegio de Posgraduados campus montecillo, Texcoco México. Se construyó una fábrica de plantas con luces artificiales de 4 capas; el módulo consta de un exoesqueleto de acero de 0.8x0.45x2.2 m (anchoxfondoxalto) para contener 4 niveles separados 0.4 m donde se desarrollaron dos niveles de arúgula (Eruca vesicaria) y dos de lechuga (Lactuca sativa var. Capitata) en un sistema hidropónico con canaletas comerciales donde se colocaron las plantas a cada 0.12 m para el caso de arúgula y 0.25 para la lechuga (Figura 1). Se colocaron 3 lámparas de luz LED espaciadas 15 cm entre sí. Para dos radiaciones distintas de fotones (220 y 170 Mmol m-2 s-1).

El cultivo dio inicio el 11 de marzo de 2024, con 140 plantas de las cuales 90 fueron de arúgula y 50 de lechuga variedad mantequilla. El fotoperiodo marcado para este ciclo fue de 15 horas de luz, por 9 de oscuridad. La concentración de la solución nutritiva se mantuvo entre 1.4-2.5 dS. La recirculación de la solución nutritiva se realizó con una programación automática a cada 55 minutos y una duración de 17 min por evento. Con una frecuencia de 7 días se realizó un muestreo para llevar al laboratorio y determinar peso húmedo y peso seco. In situ se midieron la altura de la planta y volumen del tanque para estimar consumo. Finalmente se estimaron área foliar y su índice de área foliar. En cuanto a variables climáticas se instalo un sistema de monitoreo diseñado con sistema Arduino y un sistema de respaldo en Delphi, para llevar el seguimiento de Temperatura (T°C), Humedad Relativa (%), Ph, CE. O2, CO2.



Figura 1, Cultivo de arúgula y la fábrica de plantas con luz artificial

Descripción del modelo de crecimiento. El modelo de Van Henten (1994), describe el crecimiento de un cultivo bajo condiciones controladas, con el finde predecir la dinámica de crecimiento como función de Intensidad luz (Wm-2), temperatura (°C), CO2 (ppm) y factores de manejo para optimizar producción, ec 1.

$$\frac{dX_d}{dt} = c_{\alpha\beta}\varphi_{phot,c} - C_{resp,d}X_d 2^{(0.1X_T - 2.5)} \quad (1)$$

Donde:
X_d, = Masa seca de la arugula en m^2
$c_{\alpha\beta}$, = Factor de rendimiento del CO_2
$\varphi_{phot,c}$ = Tasa bruta de fotosíntesis del dosel
$C_{resp,d}$, = Tasa de respiración
X_T = Temperatura del aire en la plant factory

A partir de lámparas LED, se usa el moldeo de Ec. 2, para calcular la fotosíntesis del cultivo:

$$\varphi_{phot,c} = \left(1 - e^{-c_{pl,d}X_d}\right)\frac{C_{led,phot}U_{led}(-c_{co_{2,1}}X_T^2 + c_{co_{2,2}}X_T - c_{co_{2,3}})(X_c - c_r)}{C_{led,phot}U_{led} + \left(-c_{co_{2,1}}X_T^2 + c_{co_{2,2}}X_T - c_{co_{2,3}}\right)(X_c - c_r)} \quad (2)$$

Donde:
$c_{pl,d}$ = Superficie efectiva del dosel
$C_{led,phot}$ = Eficiencia en el uso de la luz LED
U_{led} = Intensidad de la luz
$c_{co_{2,1}}$ = Efecto de la temperatura sobre la difución de CO_2 en las hojas
X_c = Concentración del CO_2 en la pant factory
c_r = Punto de compensación del CO_2

Resultados y discusión

La Figura 2A muestra el proceso de producción de materia seca generado a partir del modelo, siendo constante desde el trasplante hasta el corte. Si bien es cierto el proceso de producción depende de factores diversos, en este caso, se esta usando la fotosíntesis como principal factor en la producción de materia seca. En términos generales, la fotosíntesis involucra la fertilización hídrica (H2O), gaseosa (CO2) y mineral (macros y micro elementos); estos factores en presencia de la energía, originalmente proveída por el sol y ahora suministrada de manera artificial mediante lámparas con luces LED (Figura 2B), hacen posible la fotosíntesis y en consecuencia la producción de materia seca. El modelo usado ha sido probado en lechuga sin embargo lo resultados gráficos permiten asumir que es adecuado para estimar la dinámica de

crecimiento del cultivo de arúgula. Losa resultados son concordantes con lo obtenido por Van Hanten y Van Straten en sus trabajos realizados en lechuga, por lo que este tipo de herramientas se perfila como una alternativa en la optimización del proceso de producción en arúgula y la perspectiva es que pueda ser usada en general para especies de hoja delgada producidos en condiciones de interior, es decir con luces artificiales.

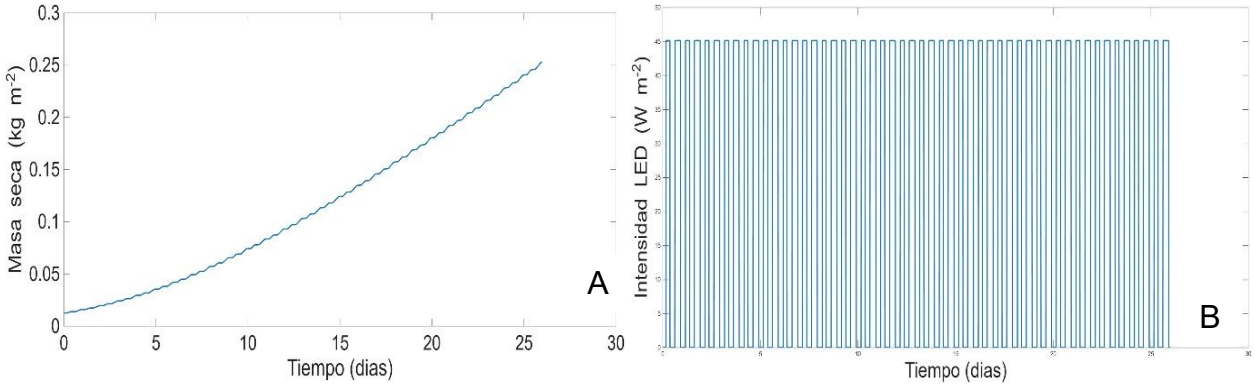


Figura 2 Producción de masa seca (kg m-2) (A) y efecto de la intensidad de luz artificial (W m-2) (B) en la arúgula.

Conclusiones

Un modelo numérico de rendimiento de arúgula se utilizo para predecir la producción de biomasa; a pesar de que el modelo ha sido desarrollado y probado en lechuga, en este trabajo se muestra la adaptación a un cultivo de hoja delgada como fue la arúgula. Es esencial disponer con datos sobre el comportamiento de las variables que impactan en el proceso de producción, en este caso la energía necesaria para la fotosíntesis, mediante el uso de lámparas con luces LED artificiales, el dióxido de carbono y la temperatura como variables de entrada al modelo que permitió estimar el crecimiento de arúgula

Referencias bibliográficas

Fuad Mutasim Baba, Hua Ge, Radu Zmeureanu, Liangzhu (Leon) Wang. 2022. Calibration of building model based on indoor temperature for overheating assessment using genetic algorithm: Methodology, evaluation criteria, and case study, Building and Environment, 207, (B),108518. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108518.

Marie-Hélène Talbot, Danielle Monfet, 2024. Development of a crop growth model for the energy analysis of controlled agriculture environment spaces, Biosystems Engineering, 238, 38-50, https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2023.12.012.

Ponce, P., Molina, A., & Mata, O. (2017). Controladores inteligentes para invernadero hidropónico. Res. Comput. Sci., 135, 99-114.

Van Henten, E. J., and G. van Straten. 1994. Sensitivity analysis of a dynamic growth model of lettuce. J. Agric. Eng. Res. 59: 19-31.

Van Straten, G., van Willigenburg, G., van Henten, E., & van Ooteghem, R. (2010). Optimal control of greenhouse cultivation. CRC press.

MANEJO NUTRIMENTAL Y HORMONAL EN LA FISIOLOGÍA, PRODUCCIÓN DE ÁRBOLES DE NOGAL PECANERO

Iván Franco-Gaytán[1*], Donají Sierra-Zurita[2], Cristo Omar Puente-Valenzuela[3], Omar Castor Ponce-García[4], Adriana Isabel Perez-Luna[5], Guillermina Areli Tochihuitl-Martiñon[6]

[1]C. E la Laguna-INIFAP, [2]C. E Valle de Guadiana-INIFAP,[3]CENID RASPA-INIFAP, C. E Delicias-INIFAP[4], C. E Costa de Hermosillo-INIFAP[5], C. E General Teherán-INIFAP[6]
*Autor para correspondencia: franco.ivan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fitohormona, nutrición, *Carya illinoinensis.*

Introducción

El nogal pecanero es una de las especies frutícolas que demanda grandes cantidades de agua (1170 a 1310 mm/año) para mantener un crecimiento vegetativo óptimo y buena producción especialmente durante las etapas de desarrollo del embrión a finales del verano (Call *et al*.,2006). Deficiencias de agua afectan el crecimiento celular, inhibiendo el trasporte de nutrimentos, fotosíntesis y traslado de los fotosintatos dentro de la planta en consecuencia, una disminución de brotes vegetativos, baja producción por falta del llenado de almendra (Godoy *et al*., 2005; Allan *et al*., 2006; Sifuentes *et al*., 2015). Además de los requerimientos hídricos en los nogales, la nutrición juega un papel importante dentro del manejo agronómico del cultivo, es necesario mantener los niveles de suficiencia de nutrientes en los rangos óptimos para mantener rendimientos constantes año con año, aunado a esto se han reportado que el uso de fitohormonas (TDZ, AG_3 y citocininas) durante la época de amarre del fruto tiene un efecto significativo al aumentar el peso y tamaño de los frutos (Malik *et al*., 2006).

Objetivo

Evaluar la respuesta fisiológica y productividad de nogales estimulados con hormonas vegetales y diferentes dosis de nutrición.

Materiales y métodos

El estudio se estableció en una parcela experimental de 4 ha ubicada en la localidad de Gregorio García, Gómez Palacio, Durango, México, cuya localización geográfica es 25° 45´03" N y 103° 21´20" O. y se encuentra a 1109 msnm, suministrando una lámina de riego de 90 cm. El diseño experimental fue factorial con tres niveles (variedad, fertilización, fitohormonas) seleccionando 3 árboles por cada tratamiento y 4 ramas por cada árbol, se establecieron 6 tratamientos: T1. Fertilización Alta (250N-130P-00K) + Citocininas-Giberelinas (100mL +25 ppm / 100L agua); T2. Fertilización Alta (250N-130P-00K) + TDZ-Giberelinas (50mL + 25ppm / 100L agua); T3. Fertilización Media (225N-1115P-00K) + Citocininas-Giberelinas (100mL +25 ppm / 100L agua); T4. Fertilización Media (225N-115P-00K) + TDZ-Giberelinas (50mL + 25ppm / 100L agua); T5. Fertilización Mínima (200N-100P-00K) + Citocininas-Giberelinas (100mL +25 ppm / 100L agua); T6. Fertilización Mínima (200N-100P-00K) + TDZ-Giberelinas (50mL + 25ppm / 100L agua). Las dosis de fertilización se aplicaron durante el 1er (50%N+100%P) y 2do riego (50%N) en los meses de marzo y mayo, tomando como base el análisis de suelo para determinar las dosis de los tratamientos. Las hormonas vegetales se aplicaron al inicio en el amarre del fruto (mayo), realizando 3 aplicaciones cada 7días adicionando Zn 17% y micro nutrientes foliares. Las variables evaluadas fueron: rendimiento por árbol (kg), largo de brote vegetativo (cm), número de brotes vegetativos y fructíferos, número de nueces por rama, número de nueces por racimo, largo de ruezno (mm), ancho de ruezno (mm). Los datos se analizaron mediante pruebas de distribución normal por el método de Shapiro-Wilks, pruebas de homogeneidad de varianza por el test de Levene, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por el método de Tukey con un nivel de significancia del 95% utilizando el programa estadístico Infostat versión 2020.

Resultados y discusión

El rendimiento obtenido en promedio por árbol fue similar en ambas variedades, sin embargo, la variedad Wichita presentó racimos con un mayor número de nueces en cada rama (4.8) con frutos más grandes en 6.46mm de largo y 2.14mm de ancho de ruezno con respecto a la variedad western, el crecimiento de los brotes vegetativos fue más vigoroso alcanzando hasta 23.58 cm de largo en promedio (Cuadro 1). Las

condiciones ambientales favorables, la humedad disponible en el suelo asociado con un suministro de fertilizantes optimo además de un buen manejo durante el ciclo productivo son necesarios para que los nogales manifiesten su potencial productivo (Grauke *et al*., 2016; Walworth *et al.,* 2017;) de acuerdo a las características genéticas de cada variedad de nogal cultivado comercialmente.

Cuadro1. Efecto de dosis de fertilización y hormonas vegetales en el rendimiento y fisiología en variedades de nogal pecanero.

VARIEDAD	REND /ÁRBOL (kg)	LBV (cm)	NBV / RAMA	NBF / RAMA	NUEZ / RAMA	NUEZ / RACIMO	LARGO RUEZNO (mm)	ANCHO RUEZNO (mm)
WESTERN	50.56 a	16.62 b	4.22 a	7.28 a	29.41 a	3.91 b	46.33 b	25.53 b
WICHITA	49.11 a	23.58 a	2.90 b	6.75 a	30.95 a	4.80 a	52.79 a	27.67 a
DMS	13.68	4.71	1.25	2.56	11.12	0.58	2.06	0.74
C.V (%)	41.69	35.96	48.12	59.11	59.52	20.11	6.21	4.17

DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación, REND: Rendimiento, LBV: Largo Brote Vegetativo, NBV: Número brotes vegetativos, NBF: Número brotes fructíferos. Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05)

Las dosis de fertilización aplicadas en los árboles de nogal alcanzaron un promedio de 49.8 kg de nuez por árbol en las tres dosis de fertilización sin observar un efecto significativo en el rendimiento durante el primer año de evaluación. En cuanto al número de brotes fructíferos por rama la dosis alta de fertilización generó un mayor número de brotes fructíferos (9.38) con rueznos más anchos (27.84mm) con respecto a las dosis de fertilización media y mínima recomendada (Cuadro 2). Las aplicaciones optimas de N en nogal pecanero incrementan significativamente el rendimiento, la longitud de brote, tamaño de la hoja manteniendo un color verde oscuro y follaje denso (Smith *et al.,* 2007). Un manejo adecuado de la nutrición en nogal pecanero mantendrá la producción y genera el almacenamiento de reservas que servirán para su uso el siguiente ciclo de producción (Kraimer *et al*., 2004).

Cuadro 2. Efecto de dosis de fertilización en el rendimiento y fisiología de árboles de nogal pecanero

FERTILIZACIÓN	REND /ÁRBOL (kg)	LBV (cm)	NBV / RAMA	NBF / RAMA	NUEZ / RAMA	NUEZ / RACIMO	LARGO RUEZNO (mm)	ANCHO RUEZNO (mm)
ALTA	52.41 a	21.23 ab	2.83 a	9.38 a	40.81 a	4.44 a	51.64 a	27.84 a
MEDIA	49.66 a	23.30 a	3.50 a	5.17 b	22.25 b	4.50 a	49.48 a	26.77 ab
MÍNIMA	47.44 a	14.69 b	4.44 a	4.94 b	21.19 b	4.19 a	49.39 a	26.12 b
DMS	20.19	6.98	1.84	3.79	16.47	0.86	3.05	1.09
C.V (%)	41.69	35.96	48.12	59.11	59.52	20.11	6.21	4.17

Alta: 250N-130P-00K; Media: 225N-115P-00K; Mínima: 200N-100P-00K. DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación, REND: Rendimiento, LBV: Largo Brote Vegetativo, NBV: Número brotes vegetativos, NBF: Número brotes fructíferos. Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05)

La estimulación hormonal en los árboles de nogal con tidiazurón (TDZ) en combinación con giberelinas (50mL+25ppm / 100L agua) mostró un efecto significativo en el rendimiento, generando 13.72 kg más en promedio por árbol en comparación con el tratamiento con citocininas + giberelinas lo que significa una mejora del 24.1% en la producción, generando frutos con rueznos mas anchos. Esto puede ser originado por que el TDZ puede modificar los reguladores endógenos del crecimiento vegetal, ya sea de manera directa o indirecta produciendo reacciones en las células y tejidos necesarios para la división celular (Guo *et al*., 2011).

Conclusiones

La aplicación de dosis de fertilizaciones mínimas recomendadas de N, P, K y Zn para mantener los niveles de suficiente de los nutrientes, con combinación de tidiazurón y giberelinas durante la etapa de floración y amarre del fruto estimulan el desarrollo de los brotes vegetativos, número de brotes fructíferos y aumentan

el tamaño del ruezno teniendo un aumento en la producción, cuando se evitan condiciones de estrés hídrico en los nogales.

Cuadro 3. Efecto de la estimulación con hormonas vegetales en el rendimiento y fisiología de árboles de nogal pecanero.

FITOHORMONAS	REND /ÁRBOL (kg)	LBV (cm)	NBV / RAMA	NBF / RAMA	NUEZ / RAMA	NUEZ / RACIMO	LARGO RUEZNO (mm)	ANCHO RUEZNO (mm)
CITO+AG3	42.98 b	23.06 a	2.19 b	7.44 a	34.13 a	4.69 a	50.50 a	26.35 b
TDZ+AG3	56.70 a	18.43 a	4.53 a	6.63 a	27.18 a	4.18 a	49.46 a	27.18 a
DMS	13.68	4.88	1.28	2.63	11.51	0.6	2.13	0.76
C.V (%)	41.69	35.96	48.12	59.11	59.52	20.11	6.21	4.17

CITO+AG3: citocininas + giberelinas (100mL+5 ppm / 100L agua); TDZ+AG3: tidiazurón + giberelinas (50mL+25ppm / 100L agua). DMS: Diferencia mínima significativa, CV: Coeficiente de variación, REND: Rendimiento, LBV: Largo Brote Vegetativo, NBV: Número brotes vegetativos, NBF: Número brotes fructíferos. Medias con letra similares en la misma columna no son significativamente diferentes (p>0.05)

Agradecimiento y fuente financiadora
Se agradece al INIFAP y al FONCYT por financiar los proyectos que dieron como resultado la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Grauke, L. J, Wood, B. W, Harris, M. K. 2016. Crop vulnerability: Carya. HortScience, 51(6), 653–663. doi:10.21273/HORTSCI.51.6.653

Guo. B, Abbasi. B.A, Zeb. A, Xu. L.L, Wei. Y.H. 2011. Thidiazuron: a multi-dimensional plant growth regulator. African Journal of Biotechnology, 10(45): 8984-9000.

Kraimer, R.A., Lindemann. W. C, Herrera E. A. 2004. Recovery of late-season 15N-labeled fertilizar applied to pecan. HortScience 39: 256-260.

Smith. M. W, Wood. B. W, Raun. W. R. 2007. Recovery and partitioning of nitrogen from early spring and midsummer applications to pecan trees. J. Am. Soc. Hort. Sci. 132: 758-763.

Walworth, J. L, White. S. A, Comeau, M. 2017. Soil – applied Zn EDTA: vegetative growth, nut production, and nutrient acquisition of immature pecan tres grown in alkaline calcareous soils. HortScience, 2(2), 300–305. doi: 10.21273/HORTSCI11467-16

COMPORTAMIENTO DE LEGUMINOSAS DE COBERTURA EN UNA HUERTA DE NARANJA VALENCIA EN VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez-Quiroz[1*], Valentín A. Esqueda-Esquivel[2], Cristian Matilde-Hernandez[3]

[1]Campo Experimental La Posta, [2]C.E. Cotaxtla,[3] C.E. Ixtacuaco. CIRGOC. INIFAP.
*Autor para correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

Palabras clave: Biomasa, kudzú, soya perenne.

Introducción

México es el cuarto productor de naranja en el mundo; cuenta con una extensión de más de 349 mil hectáreas, que producen 4.85 millones de toneladas anuales de fruto. El estado de Veracruz es el principal productor de este cítrico, en 2023, su producción fue de 2.5 millones de toneladas correspondiente al 50% de la producción nacional de esta fruta. Estas cifras resaltan la importancia que tiene el estado de Veracruz en la producción de este cítrico (SIAP, 2023). El uso de agroquímicos utilizados en las plantaciones de cítricos es importante para obtener una productividad alta; dentro de éstos destaca el uso de glifosato, herbicida que los productores utilizan entre cuatro y seis veces al ciclo para controlar la maleza de sus huertas; a nivel mundial, el uso continuo del glifosato ha ocasionado el desarrollo de 60 especies que han desarrollado biotipos con resistencia a este herbicida, ocho de las cuales se han encontrado en huertas de cítricos en México (Heap, 2025). Además, el glifosato se ha señalado como un producto perjudicial a la salud humana (Rana *et al*., 2023) y contaminante del medio ambiente, por lo que es necesario planear el uso de alternativas más amigable para el ecosistema y sin riesgos a la salud de las personas para su sustitución. Por su tipo de crecimiento y cobertura del suelo, algunas especies leguminosas permiten no sólo controlar la maleza, sino además aportan materia orgánica, fijan nitrógeno y evitan la erosión, por lo que se considera una de las opciones más viables para mantener un ambiente agroecológico (Sandoval y Cortés, 2004). Es muy importante que las leguminosas de cobertura tengan un crecimiento rápido para que puedan competir ventajosamente con las malezas y tengan cierto grado de tolerancia al sombreo. El objetivo de este ensayo fue determinar el comportamiento de diferentes especies de leguminosas de cobertura y la producción de biomasa en plantaciones de naranja despues de tres años de haber sido establecidas.

Materiales y métodos

En septiembre de 2021 se estableció un experimento en una huerta de Naranja Valencia con 34 años de, establecida en el municipio de Martínez de la Torre, Veracruz, México. Esta región tiene clima cálido-húmedo con 24°C de temperatura media y 1,980 mm de lluvia anual, y sin estación seca definida. El suelo donde se desarrolla este cultivo es franco, con pH de 6.40 con bajos contenidos de salinidad y de carbonatos, 2.82% de materia orgánica, y contenidos de fósforo de 20.1 ppm y de potasio 358 ppm. Los árboles se encuentran a distancias de siembra de 4 m entre árboles y 8 m entre hileras, y tienen una altura de entre 8 y 10 m. Se evaluaron 14 tratamientos, que incluyeron dos especies de leguminosas anuales y cinco perennes sembradas individualmente y cuatro leguminosas combinadas, la denominada “coctel” incluyó una mezcla de todas las especies y el testigo enhierbado. Los tratamientos se establecieron sobre el espacio o calle entre dos hileras de árboles en una longitud de 32 m. Después de tres años del establecimiento, se observó que la mayoría de las leguminosas de cobertura perennes, se conservan cubriendo el suelo en un alto porcentaje, por lo que se realizó un muestreo en el cual se midieron las siguientes variables: altura y cobertura de las plantas, rendimiento de materia seca y la cantidad de “mulch” o material muerto o necrosado de cada una las leguminosas, con la finalidad de ver sus aportaciones de materia orgánica. Para lo anterior, se realizó la toma de muestras cosechando 1 m^2 de biomasa verde y en el mismo sitio, pero con un marco de 0.25 m^2, se recogió la biomasa muerta; ambas se pesaron y se tomaron muestras de 300 g, para la determinación de materia seca, utilizando una estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante; posteriormente, se pesaron y se calculó el porcentaje de materia seca para realizar los cálculos de biomasa por hectárea. A la biomasa muerta se le determinó la concentración de nitrógeno para estimar la cantidad por hectárea de cada uno de los tratamientos. Los resultados del muestreo de biomasa se analizaron mediante un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones con PROC GLM de SAS y la comparación de medias con la prueba de Tukey (p<0.05).

Resultados y discusión

Altura y cobertura. Hubo diferencias en la altura entre tratamientos, con variaciones de 27 a 63 cm, con los menores valores para el cacahuatillo, que es una leguminosa de crecimiento postrado, mientras que el testigo obtuvo el valor más alto, debido a la diversidad de especies de malezas. Para cobertura del suelo de las leguminosas hubo diferencias entre los tratamientos; cabe señalar que este muestreo se realizó durante la época de lluvias. En general se observaron variaciones en porcentaje de cobertura de 96 a un 100% para las leguminosas, mientras que el testigo, fue significativamente diferente, con un valor de 85% (Cuadro 1). Al respecto, Matilde *et al*. (2024), reportan en este estudio y el ciclo 2023, valores de cobertura de 95 a 100% para estos tratamientos, con lo que se corrobora que estas especies persisten a través del tiempo, ya que después de tres años de haberse sembrado, las coberturas permanecen casi intactas, impidiendo el desarrollo de maleza.

Producción de materia seca. En la producción de materia seca biomasa de las leguminosas, hubo diferencias entre tratamientos (Cuadro 1). El kudzú y la soya perenne y la combinación de kudzú con centro y soya perenne y el coctel, fueron similares entre sí, con valores de 2,640 a 3,250 kg/ha (Cuadro 1). Cabe señalar que, en el coctel, se observó la predominancia del kudzú, que tuvo una mayor aportación al rendimiento, mientras que la aportación de la soya perenne y el centro fue menor. La producción de materia seca debido al crecimiento de las leguminosas es acumulada e integrada al suelo, que significa un aporte importante de materia orgánica, que despues de varios años de permanencia contribuirá en los beneficios y mejoramiento de las condiciones del suelo derivados de la cubierta vegetal que mantienen estas leguminosas.

Materia seca de maleza. Los resultados indicaron que el testigo tuvo la más alta contribución de biomasa con un rendimiento de 3,367 kg/ha, el cual fue estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. Con los tratamientos de leguminosas, solamente el cacahuatillo y la combinación de éste con clitoria, tuvieron aportación de biomasa de malezas, debido a que su menor tasa de crecimiento se refleja en una menor capacidad para suprimir maleza en comparación con el resto de las especies evaluadas; sin embargo, pueden persistir con las malezas, a diferencia del resto de las leguminosas, las cuales mostraron una alta capacidad de supresión de maleza.

Biomasa necrosada o mulch. En esta variable se observaron diferencias entre especies, en donde destaca la contribución del kudzú con más de 7000 kg/ha de materia seca cantidad acumulada en el suelo; cabe señalar que todas ellas superaron a las aportaciones de biomasa necrosada por el testigo, tratamiento que produjo la menor cantidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Altura, cobertura, producción de materia seca y mulch de diferentes leguminosas de cobertera en una huerta de naranja.

Tratamiento	Altura (cm)	Cobertura (%)	Materia seca de leguminosas (kg/ha)	Materia seca de malezas (kg/ha)	Mulch (kg/ha)
Arachis pintoi + *Clitoria ternatea*	30 b	96 ab	1,483 ab	1,483 b	2,200 bc
Centrosema pubescens (centro)	40 ab	100 a	1,833 ab	550 b	3,933 abc
Arachis pintoi (cacahuatillo)	27 b	100 a	1,667 ab	1,067 b	3,133 abc
Pueraria phaseoloides (kudzú)	58 ab	100 a	3,250 a	13 b	7,133 a
Neonotonia wightii (soya perenne)	45 ab	97 ab	3,119 a	6 b	5,667 abc
Kudzú + centro + soya perenne	50 ab	98 ab	2,640 a	1 b	6,600 ab
Coctel (todas las leguminosas)	40 ab	100 a	2,667 a	2 b	4,200 abc
Testigo enhierbado	63 a	85 b	0 b	3,367 a	1,133 c

Letras diferentes en cada columna indican diferencias entre tratamientos de acuerdo a Tukey (p<0.05).

Aportación de nitrógeno. Los resultados sobre la contribución de nitrógeno por efecto de la acumulación de biomasa muerta de las leguminosas, indicaron que el kudzú fue el tratamiento que más contribuyó, con 180 kg/ha de nitrógeno, seguido por la combinación de kudzú con centro y soya perenne, con 165 kg/ha; a su vez, el testigo tuvo la aportación más baja con 19 kg/ha (Cuadro 2), lo cual está íntimamente relacionado a las mayores cantidades de “mulch” provenientes de las leguminosas, lo que demuestra la importancia de utilizar leguminosas en este sistema de producción.

Cuadro 2. Aportación de nitrógeno (kg/ha) de la biomasa muerta o “mulch” por las diferentes leguminosas de cobertura despues de tres años de haber sido establecidas, en una huerta de naranja Valencia.

Cacahuatillo + clitoria	Centro	Cacahuatillo	Kudzú	Soya perenne	Coctel	Testigo	Kudzú + centro + soya perenne
43	85	65	180	107	105	19	165

Conclusiones

Por su capacidad de supresión de maleza, persistencia y aportación de nkudzúitrógeno sobresalen las leguminosas: kudzú (*Pueraria phaseoloides*), soya perenne (*Neonotonia wightii*) y centro (*Centrosema pubescens*), solas y en combinación en huertas de naranja del estado de Veracruz.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias el financiamiento de este trabajo, que forma parte del proyecto denominado: Alternativas al uso del glifosato para el control de Maleza en México.

Referencias bibliográficas

Heap, I. 2024. International Herbicide-Resistant Weed Database. http://weedscience.org/Pages/filter.aspx [consultado el 6 de junio de 2025].

Matilde, H. C., J. F. Enríquez Q., V. A. Esqueda E., F. R. Flores de la Rosa, H. J.Estrella M. y R. Santillán M. 2024. Persistencia de leguminosas de cobertura en plantaciones de naranja Valencia en Veracruz. Revista Tecnológica CEA 26(II):1366-1377.

Rana, I., P. K. Nguyen, G. Rigutto, A. Louie, J. Lee, M. T. Smith and L. Zhang. 2023. Mapping the key characteristics of carcinogens for glyphosate and its formulations: A systematic review. Chemosphere 339, 139572.

Sandoval, R. J. A. y M. F. Cortés M. 2004. Leguminosas de cobertura asociadas a naranjo ´Valencia´ en huertas establecidas en ladera. p. 95-104. *In*: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Libro Científico No. 1. INIFAP. CP. ITA No. 18. ITMAR No.1. UACH, UV. Boca del Río, Ver., México.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Panorama agroalimentario 2023. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035 [consultado el 6 de junio de 2025].

EFECTIVIDAD DE HERBICIDAS PREEMERGENTES SOLOS Y EN MEZCLA EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L.) DEL SOCONUSCO, CHIAPAS

Manuel Grajales-Solís[1], Guillermo López-Guillén[1], Moisés Alonso Báez[1], Luis Antonio Gálvez Marroquín[2] Biaani Beeu Martínez Valencia[1]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP; [2]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP.
*Autor para correspondencia: grajales.manuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Malezas, control, rendimiento.

Introducción

Las principales malezas asociadas al cultivo de soya en el Soconusco, Chiapas, son el bledo blanco (*Amaranthus dubius* Mart), la flor amarilla (*Aldama dentata*), el bejuco de cochi (*Ipomoea tiliacea*), el pepinillo de caballo (*Cucurbita foetidissima*), la lechosa (*Euphorbia hetrerophylla*), el zacate luzaca (*Digitaria horizontalis*), el zacate Johnson (*Sorghum halepense*), el coquillo (*Cyperus rotundus*) y otras malezas (Grajales y Alonso, 2006). El control de malezas en esta región soyera, se lleva a cabo principalmente por medio de herbicidas postemergentes y en menor medida con herbicidas preemergentes durante el periodo crítico de competencia con el cultivo de soya, que ocurre en los primeros 45 días y al final del ciclo de producción (Grajales *et al*., 2023).

El control de maleza en el cultivo de soya, se puede hacer de manera mecánica, química y con manejo integrado, que incluye la combinación de al menos dos métodos de control que sean compatibles en el espacio y tiempo (Esqueda *et al*.,1999). La aplicación de herbicidas preemergentes tiene la ventaja que es más eficiente en mantener limpio de malezas al cultivo durante la emergencia de la planta de soya, por lo que no hay competencia, en comparación con las aplicaciones de herbicidas postemergentes (Grajales *et al*., 2023). Además, el poder residual de los herbicidas preemergentes ayuda a reducir la aplicación de herbicidas postemergentes, incrementan la absorción de nutrientes aplicados a través de insumos agrícolas y promueven una mayor humedad en el suelo (Palau *et al*., 2018). A pesar de las ventajas de los herbicidas preemergentes para el control de malezas en el cultivo de soya, en la región del Soconusco, Chiapas, se usan poco y se desconoce su efectividad biológica. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de seis herbicidas preemergentes solos y en dos mezclas binarias para el control de malezas en el cultivo de soya (*Glycine max* L.) en la región Soconusco, Chiapas.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el rancho Las Moras, municipio de Tapachula, Chiapas (14°819268' N; 92° 378775' O; 86 msnm). El lote experimental, se sembró con semillas de soya de la variedad Huasteca 700. Los tratamientos con herbicidas preemergentes fueron los siguientes: 1) metribuzin (0.5 kg de i.a./ha), 2) trifluralina (1.0 kg de i.a./ha), 3) metolaclor (1.5 kg de i.a /ha), 4) sulfentrazone (0.60 kg de i.a. ha), 5) oxiflurfen (1.5 kg de i.a./ha), 6) etafluralina (2.0 kg de i.a./ha), 7) trifluralina + etafluralina (1.0 kg+ 1.5 kg de i.a./ha), y 8) metribuzin + oxiflurfen (0.5 kg + 0.8 kg de i.a./ha). Se usó un testigo limpio y un testigo con maleza.

El terreno se preparó para la siembra por medio de un barbecho y dos rastreos. La siembra se hizo de manera manual el 17 de julio de 2024 con semillas de soya de la variedad Huasteca 700, con distancia entre hileras de 50 cm y 10 plantas por metro lineal de surco, con una densidad de población de 200,000plantas/ha. Los tratamientos se aplicaron 2 días después de la siembra, para lo cual se usaron boquillas de abanico plano (TeeJet®), con atomización de 80°, con número comercial de boquilla 8004, y gasto de agua de 1.6 L/min a 40 lb/pulg^2 y gasto de agua por hectárea de 200 L/ha. El manejo agronómico del cultivo se llevó a cabo siguiendo el paquete tecnológico para el cultivo de soya propuesto por Grajales *et al*. (2023). Se usó un diseño experimental en bloques completamente al azar, con cinco repeticiones, con parcela total de cinco surcos espaciados a 50 cm y parcela útil tres surcos centrales (5 m^2). La superficie experimental fue de 250 m^2.

Las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo de soya fueron altura de planta en plena floración (APLR2), altura de planta en madurez fisiológica (APLR7), altura de la primera vaina (APV), número de ramas por planta (RxP), número de vainas por planta (VxP), semillas por planta (SxP) y estimación de rendimiento (REND). En tanto, las variables de efectividad de herbicidas se determinaron con el porcentaje de control de arvenses a los 10, 20, 30 y 40 días después de la siembra de

la soya. Asimismo, se registró, la fitotoxicidad con cuatro escalas visuales: 0 para ausencia de efecto fitotóxico, 5 para ligera afectación, 8 para moderada afectación y 10 para afectación severa.
La identificación de las especies de malezas asociadas al cultivo de soya, se hizo por medio del catálogo de malezas de México (Villaseñor y Espinosa, 1999).
Los datos del control de malezas, se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA), *post hoc* se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) por medio del paquete estadístico SAS versión 9.4.

Resultados y discusión

Se identificaron 20 especies de malezas que pertenecen a ocho familias en la parcela experimental de soya, dentro de las cuales se encuentran las siguientes especies: la golondrina (*Euphorbia hypericifolia*), la lechosa (*Euphorbia heterophyla*) (Euphobiaceae), el canutillo (*Antthephora hermaphodita*), el mozote (*Cenchus browii*), el zacate cola de macho (*Chloris radiata*), el zacate borrego (*Cynodon dactylon*), el zacapataiste (*Digitaria sanguinalis*), el zacate arrocillo (*Echinochloa colona*), el zacate Johnson (*Sorghum halepense*), el zacate cola de caballo (*Eleusine indica*), la yerba agria (*Paspalum conjugatum*), (Poaceae), el bledo rojo (*Amaranthus spinosus*), el bledo blanco (*Amaranthus hydridus*) (Amarantaceae), la flor amarilla (*Melampodium divaricatum*), la flor blanca (*Parthenium hysterophorus*) (Asteraceae), la verdolaga cimarrona (*Thianthema portulacastrum*) (Aizoaceae), el botoncillo blanco (*Borreria* sp.) (Rubiaceae), el coquillo de hoja angosta (*Cyperus esculentus*), el coquillo de hoja ancha (*Cyperus rotundus*) (Cyperaceae) y el bejuco de cochi (*Ipomoea* sp.) (Convolvulaceae).
Los tratamientos con herbicidas preemergentes influyeron en el porcentaje de control de las malezas en la parcela de soya desde los 10 días hasta 40 días después de su aplicación ($p < 0.05$). Los herbicidas que mostraron mayor control sobre las especies de malezas encontradas tanto de hoja ancha como angosta durante los primeros 10 días, fueron metribuzin y la mezcla de metribuzin + oxifluorfen, seguidos por la mezcla trifuralina + etafluralina, sulfentrazone, trifuralina, metolaclor y oxifluorfen (Cuadro 1). Los porcentajes de control se mantuvieron más o menos estables hasta los 40 días del cultivo, excepto para metribuzin, que mostró menor porcentaje de control a partir de los 20 días después de su aplicación. Los herbicidas evaluados mostraron una fitotoxicidad del 5 al 8%, a pesar de lo cual el cultivo se recuperó fácilmente sin reducción del rendimiento. El herbicida menos apropiado para el control de maleza en soya, fue etafluralina con solo 66 a 60% de efectividad biológica.

Cuadro 1. Porcentaje de control de malezas y fitotoxicidad en plantas de soya de la variedad Huasteca 700 con distintos tratamientos de herbicidas preemergentes que se evaluaron durante 40 días después de su aplicación en el Soconusco, Chiapas durante el ciclo agrícola P-V 2024.

Tratamiento	Control (%)				Fitotoxicidad (%)
	10 d	20 d	30 d	40 d	
Metribuzin	92.40a	83.80bc	81.00bc	80.60bc	5b
Sulfentrazone	87.60bc	83.20bc	81.80bc	80.40bc	8a
Trifuralina	80.60bc	78.40bc	77.80cd	79.80cd	5b
Metolaclor	80.40bcd	76.20dc	75.40d	75.80cd	8a
Oxifluorfen	78.00bc	80.20bc	81.60bc	80.00bc	8a
Etafluralina	66.40d	63.60d	62.20de	60.00d	5b
Trifuralina/etafluralina	87.00bc	85.40bc	83.60bc	82.80bc	5b
Metribuzin/oxifluorfen	93.80a	91.60a	91.40a	90.40ab	8a
Testigo con maleza	0.00	0.00	0.00	0.00	0c
Testigo limpio	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a	0c

Las medias de cada columna seguidas de una misma letra no difieren significativamente (Tukey, $p > 0.05$). CV= coeficiente de variación.

No hubo efectos significativos de los herbicidas evaluados respecto con la altura de la primera vaina de soya (APV), vainas por planta (VxP) y número de semillas por planta (SxP) de soya ($p > 0.05$), sin embargo, si hubo diferencias significativas de los herbicidas evaluados en comparación con el testigo limpio ($p < 0.05$). Cuando los tratamientos se evaluaron respecto a la altura de la planta en la etapa fenológica R2 (APLR2) y altura de la planta en la etapa fenológica R7 (APLR7), se encontraron diferencias significativas

($p < 0.05$). En el caso de APLR2, la mayor altura de planta se registró con el testigo limpio, metribuzin y trifuralina; seguidos por los tratamientos con los herbicidas trifuralina + etafluralina, metribuzin + oxifluorfen y oxifluorfen. La mayor APLR7, se registró en el testigo limpio, seguido por los tratamientos con los herbicidas metribuzin, trifuralina + etafluralina, metribuzin + oxifluorfen, trifuralina, metolaclor y oxifluorfen. En cuanto al rendimiento, la mejor respuesta se registró con el testigo limpio y el herbicida metribuzin (3447.18 y 3251.30 kg/ ha, respectivamente); seguidos por los tratamientos con los herbicidas en mezcla binaria de trifuralina + etafluralina y metribuzin + oxifluorfen. Al comparar el testigo limpio con el testigo con maleza, se determinó que, sin control de malezas en el experimento, el rendimiento de granos de soya disminuye 49% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento agronómico de plantas de soya Huasteca 700 con aplicación de herbicidas preemergentes en el Soconusco, Chiapas durante el ciclo agrícola P-V 2024.

Tratamiento	APLR2	APLR7	APV	RxP	VxP	SxP	REND
Metribuzin	76.68ab	99.72b	12.64a	5.50b	82.88a	172.32b	3251.30a
Sulfentrazone	72.00c	94.40c	12.32a	6.10ab	80.84ab	160.60bc	2188.60cd
Trifuralina	76.92ab	97.12bc	12.10a	6.23ab	77.48ab	154.60bc	2227.72cd
Metolaclor	72.96c	98.40bc	12.60a	6.04ab	80.76ab	163.84bc	2417.56bcd
Oxifluorfen	74.24bc	96.56bc	12.78a	5.08b	75.68ab	154.40bc	2701.24abc
Etafluralina	71.52c	94.80c	12.48a	5.29b	79.48ab	157.28bc	2764.36abc
Trifuralina/etafluralina	74.44bc	100.00b	12.32a	5.59b	85.12a	154.72bc	3076.78ab
Metribuzin/oxifluorfen	74.56bc	96.52bc	11.80a	5.84b	83.28a	162.56bc	3099.20ab
Testigo limpio	79.56a	104.76a	12.40a	8.94a	83.40a	233.60a	3447.18a
Testigo con maleza	67.04d	76.56d	12.72a	5.28b	69.56b	115.76c	1771.66d
CV (%)	11.85	10.09	10.15	16.12	15.12	5.91	13.08

APLR2= altura de planta en R2 (cm), APLR7= altura de planta a R7 (cm), APV= altura a primera vaina (cm), RxP= ramas por planta, SxP= semillas por planta, REND= estimación de rendimiento (kg/ha) y CV= coeficiente de variación. Las medias de cada columna seguidas de una misma letra no difieren significativamente (Tukey, $p > 0.05$).

Conclusiones

Metribuzin + oxifluorfen en dosis de 0.5+0.8 i.a.kg/ha, presentan altos porcentajes de control de malezas asociadas al cultivo de soya (>90 %), principalmente de las familias Euphobiaceae, Cyperaceae, Poaceae, Amarantaceae, Convolvulaceae, Asteraceae, Aizoaceae y Rubiácea; con rendimientos de grano de 3.1 t/ha.

Agradecimiento

Se agradece al INIFAP por financiamiento otorgado a través del proyecto fiscal (SIGI: 10432535903).

Referencias bibliográficas

Esqueda E, López GVA, López SE. 1999. Control de maleza en soya *Glycine max* (L.) Merr. de temporal con herbicidas. Agricultura Técnica de México 25: 41-51.

Grajales SM, López-Guillén G, Martínez Valencia B, Alonso Báez M. 2023. Control preemergente de maleza en el cultivo de soya de la región Soconusco, Chiapas. Desplegable informativo Núm. 53. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chis. México. 2 p.

Grajales SM, Alonso Báez M. 2006. Control de maleza en soya para el Soconusco, Chiapas, Desplegable para productores Núm. 41. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chis. México. 2 p.

Palau H, Senesi S, Mogni L, Ordoñez I. 2018. Cuantificación de las pérdidas y costos de control por presencia de malezas resistentes en Argentina. En Impacto económico macro y micro de malezas resistentes en el agro argentino. FAUBAADAMA, 67 p.

Villaseñor Ríos JL, Espinosa Garcia FJ 1998. Catálogo de maleza de México. Universidad Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. México D.F. 449 p.

CONTROL DE MALEZAS CON HERBICIDAS POSTEMERGENTES EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L.) EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS

Manuel Grajales-Solís[1], Guillermo López-Guillén[1], Moisés Alonso Báez[1], Luis Antonio Gálvez Marroquín[2] Biaani Beeu Martínez Valencia[1]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP; [2]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP.
*Autor para correspondencia: grajales.manuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Comportamiento agronómico, fitoxicidad, efectividad.

Introducción

El principal daño que causan las malezas en cultivos agrícolas de importancia económica, es la disminución del rendimiento debido a que compite por agua, luz, nutrientes, espacio y bióxido de carbono. Además, algunas especies segregan sustancias alelopáticas, son hospederas de plagas y enfermedades, y dificultan las labores mecanizadas para la cosecha (Bond y Grundy, 2001; Grajales, *et al*., 2023).

En cultivos de soya de la región del Soconusco, Chiapas, las malezas reducen el rendimiento de granos hasta 28%. El control de malezas en esta región, se lleva cabo por medio de herbicidas sintéticos preemergentes y postemergentes durante el periodo crítico de competencia que ocurre en primeros 45 días después de la siembra y al final de ciclo de producción (Grajales y Alonso, 2006). Sin embargo, el uso repetitivo de un mismo herbicida a través del tiempo puede generar biotipos de especies de malezas tolerantes o resistentes al ingrediente activo, por lo que es necesario cambiar por herbicidas con diferente modo de acción (Cerdeira *et al*., 2011). Por lo que, el objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad biológica de herbicidas postemergentes que prácticamente no usan los productores de soya de la región Soconusco, Chiapas; asimismo, se determinó el impacto de los herbicidas postemergentes evaluados en el comportamiento agronómico de la soya.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el rancho Las Moras, municipio de Tapachula, Chiapas (14° 819268' N; 92° 378775' O; 86 msnm). Los tratamientos con herbicidas postemergentes fueron los siguientes: fomesafen (1.0 kg de i.a./ha), clethodin (1.0 kg de i.a./ha), fluazifop-p-buthyl (1.0 kg de i.a./ha), oxiflurfen (1.5 kg de i.a./ha), imazetapyr (0.75 kg de i.a./ha), fomesafen + fluazifop-p–buthyl (0.75 kg + 0.75 kg de i.a./ha), fomesafen + cletodin (0.75 kg + 0.75 kg de i.a./ha), imazetapyr + fomesafen (0.50 kg + 0.75 kg de i.a./ha). Se usó un testigo limpio y un testigo con maleza.

El terreno se preparó para la siembra por medio de un barbecho y dos rastreos. La siembra se hizo de manera manual el 17 de julio de 2024 con semillas de soya de la variedad Huasteca 700, con distancia entre hileras de 50 cm y 10 plantas por metro lineal de surco, con una densidad de población de 200,000 plantas/ha. Los tratamientos se aplicaron cuando el cultivo tenía 16 días de edad y la maleza se encontraba en su etapa inicial de “amacollamiento” antes de la floración y sin estrés hídrico. Las aspersiones se hicieron con boquillas de abanico plano (TeeJet®), con atomización de 80°, con número comercial de boquilla 8004, gasto de agua de 1.6 L/min a 40 lb/pulg^2 y gasto de agua por hectárea de 200 L/ha. El manejo agronómico del cultivo se llevó a cabo de acuerdo con el paquete tecnológico para el cultivo de soya propuesto por Grajales *et al*. (2023). Se usó un diseño experimental en bloques completamente al azar, con cinco repeticiones, con parcela total de cinco surcos espaciados a 50 cm y parcela útil tres surcos centrales (5 m^2). La superficie experimental fue de 250 m^2.

Las variables agronómicas evaluadas de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo de soya fueron altura de planta en plena floración (APLR2), altura de planta en madurez fisiológica (APLR7), altura de la primera vaina (APV), número de ramas por planta (RxP), número de vainas por planta (VxP), semillas por planta (SxP) y estimación de rendimiento (REND). En tanto, las variables de efectividad de herbicidas se determinaron con el porcentaje de control de malezas a los 10, 20, 30 y 40 días después de la aplicación de los herbicidas postemergentes. Asimismo, se registró, la fitotoxicidad con cuatro escalas visuales: 0 para ausencia de efecto fitotóxico, 5 para ligera afectación, 8 para moderada afectación y 10 para afectación severa.

La identificación de las especies de malezas asociadas al cultivo de soya, se hizo por medio del catálogo de malezas de México (Villaseñor y Espinosa, 1999).

Los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA). La variable APLR2, se transformó con raíz cuadrada, mientras que los datos del porcentaje de control de malezas se transformaron con arcoseno para cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad del modelo. La comparación de medias entre tratamientos se realizó con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) por medio del paquete estadístico SAS versión 9.4. La interpretación de los resultados de los análisis estadísticos, se presentan con los promedios de los datos sin transformar, mientras que las DMS corresponden a los datos transformados para los casos antes mencionados.

Resultados y discusión

Se identificaron 21 especies de malezas que pertenecen a nueve familias en la parcela experimental de soya, dentro de las cuales se encuentran las siguientes especies: la golondrina (*Euphorbia hypericifolia*), la lechosa (*Euphorbia heterophyla*) (Euphobiaceae), el canutillo (*Antthephora hermaphodita*), el mozote (*Cenchus browii*), el zacate cola de macho (*Chloris radiata*), el zacate borrego (*Cynodon dactylon*), el zacapataiste (*Digitaria sanguinalis*), el zacate arrocillo (*Echinochloa colona*), el zacate Johnson (*Sorghum halepense*), el zacate cola de caballo (*Eleusine indica*), la yerba agria (*Paspalum conjugatum*) (Poaceae), el bledo rojo (*Amaranthus spinosus*), el bledo blanco (*Amaranthus hydridus*) (Amarantaceae), la flor amarilla (*Melampodium divaricatum*), la flor blanca (*Parthenium hysterophorus*) (Asteraceae), la verdolaga cimarrona (*Thianthema portulacastrum*) (Aizoaceae), la verdolaguilla (*Kallstroemia máxima*) (Zygophyllaceae), el botoncillo blanco (*Borreria* sp.) (Rubiaceae), el coquillo de hoja angosta (*Cyperus esculentus*), el coquillo de hoja ancha (*Cyperus rotundus*) (Cyperaceae) y el bejuco de cochi (*Ipomoea* sp.) (Convolvulaceae).

Los tratamientos con herbicidas postemergentes afectaron significativamente el porcentaje de control de las malezas en la parcela de soya desde los 10 días hasta 40 días de edad de las plantas de soya; también se encontró que los tratamientos fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$). Los herbicidas que mostraron mayor control sobre las especies de malezas tanto de hoja ancha como angosta durante los primeros 10 días, fueron fomesafen + clethodin, imazetapyr + fomesafen, imazetapyr, fomesafen + fluazifop-p-buthyl; seguidos por oxifluorfen, el resto de los herbicidas presentó porcentajes de control por debajo del 78%. La tendencia del porcentaje de control, se mantuvo más o menos estable hasta los 40 días de edad de la soya, excepto para imazetapyr que disminuyó, mientras que la mezcla de fomesafen + clethodin se incrementó ligeramente. Los herbicidas evaluados mostraron una fitotoxicidad del 0 al 10% a los 10 días de edad de la planta de soya; las mezclas de fomesafen + fluazifop-p-buthyl y de fomesafen + clethodin fueron las más fitotóxicas (con afectación severa); sin embargo, las plantas se recuperaron sin reducción de rendimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de control de malezas y fitotoxicidad causados por herbicidas postemergentes en la variedad de soya Huasteca 700 en el Soconusco, Chiapas durante el ciclo agrícola P-V 2024.

Tratamiento	Días después de la aplicación				Control promedio	Fitotoxicidad (%)
	10	20	30	40		
Fomesafen	78.00de	78.20cde	78.20cd	76.20cd	77.58de	8b
Fluazifop-p-buthyl	76.40e	73.60e	73.20d	72.00d	73.80e	0d
Clethodin	75.40e	74.40de	73.80d	73.20d	74.08e	0d
Oxifluorfen	80.80cde	82.40cd	82.20bc	81.20cd	81.70cd	8b
Imazetapyr	87.00bc	85.40bc	86.00b	85.20c	85.90bc	5b
Fomesafen+Fluazifop-p-buthyl	85.00bcd	83.20c	82.80bc	81.40cd	83.12cd	10a
Fomesafen+Clethodin	89.20b	89.60b	86.80b	91.20b	89.08b	10a
Imazetapyr+Fomesafen	86.40bc	84.60bc	85.00b	85.00c	85.20bc	8b
Testigo limpio	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a	0d
Testigo con maleza	0.00f	0.00f	0.00e	0.00e	0.00f	0d
CV (%)	4.76	4.07	3.72	4.50	3.56	2.58

Las medias de cada columna seguidas de una misma letra no difieren significativamente (Tukey, $p > 0.05$). CV= coeficiente de variación.

No hubo efectos significativos de los herbicidas postemergentes evaluados respecto a APLR2, RxP y APV ($p > 0.05$), tampoco hubo diferencias con el testigo limpio y con maleza ($p > 0.05$). Se encontró diferencias significativas entre tratamientos en relación con VxP, SxP y REND ($p < 0.05$). En el caso de VxP, la mayor altura de planta se registró con el herbicida imazetapyr y la mezcla fomesafen + clethodin; seguidos por el tratamiento del testigo limpio y por los herbicidas imazetapyr + fomesafen, fomesafen + fluazifop-p-buthyl

y fluazifop-p-buthyl, en los demás tratamientos las plantas de soya tenían significativamente menos vainas. Con respecto a SxP, se encontró que el testigo limpio y el tratamiento con fomesafen + clethodin tenían más semillas por planta; seguidos por imazetapyr, imazetapyr + fomesafen, fluazifop-p-buthyl y fomesafen + fluazifop-p-buthyl, los otros tratamientos con herbicidas y el testigo con maleza tenían menos semillas por vainas. En cuanto al REND, la mejor respuesta se registró con el testigo limpio y con la mezcla herbicida de imazetapyr + fomesafen (con 3405.66 y 3369.96a kg/ha, respectivamente); seguidos por los tratamientos con fomesafen + clethodin, fomesafen + fluazifop-p-buthyl, imazetapyr y fomesafen que no difirieron del tratamiento con fluazifop-p-buthyl, oxifluorfen, clethodin y el testigo con maleza (Cuadro 2). El herbicida fomesafen es específico para el control de malezas de hoja ancha, incluso este herbicida controla eficientemente a la maleza flor blanca que ya no se podía controlar con glifosato en cultivos de soya transgénica en la región Soconusco. Por su parte, el herbicida fluazifop-p-buthyl y clethodin, se usan exclusivamente para controlar malezas de hoja angosta (zacates de la familia Poaceae). Sin embargo, en los cultivos de soya, comúnmente se encuentran los dos tipos malezas, por lo que la aplicación de la mezcla fomesafen + clethodin controla eficientemente malezas de hoja ancha y angosta.

Cuadro 2. Comportamiento agronómico de plantas de soya Huasteca 700 con aplicación de herbicidas postemergentes en el Soconusco, Chiapas durante el ciclo agrícola P-V 2024.

Tratamiento	APLR2	RxP	APV	VxP	SxP	REND
Fomesafen	70.96a[z]	6.24a	13.04ab	75.40cd	120.64cd	2610.42abc
Fluazifop-p-buthyl	69.64a	6.68a	12.00ab	96.64abcd	162.52abc	2265.20bc
Clethodin	69.56a	6.12a	14.38a	66.76d	101.36d	1917.14c
Oxifluorfen	71.28a	6.20a	11.94ab	74.60cd	131.28bcd	2104.98c
Imazetapyr	65.44a	6.32a	11.76ab	115.80a	181.08ab	2649.22abc
Fomesafen+Fluazifop-p-buthyl	67.24a	5.64a	11.76ab	96.72abcd	160.48abc	2764.52abc
Fomesafen+Clethodin	68.00a	6.32a	13.72a	114.20a	198.88a	3148.42ab
Imazetapyr+Fomesafen	70.32a	5.72a	12.72ab	102.40abc	173.88ab	3369.96a
Testigo limpio	61.84a	5.56a	11.44ab	111.24ab	193.24a	3405.66a
Testigo con maleza	65.28a	6.04a	9.54b	80.40bcd	120.60cd	2067.66c
CV (%)	9.11	14.09	15.75	16.00	15.30	17.50

APLR2= altura de planta en R2 (cm), APV= altura a primera vaina (cm), RxP= número de ramas por planta, VxP= número de vainas por planta, SxP= semillas por planta, REND= estimación de rendimiento (kg/ha) y CV= coeficiente de variación. Las medias de cada columna seguidas de una misma letra no difieren significativamente (Tukey, p > 0.05).

Conclusiones

Los herbicidas postemergentes imazetapyr + fomesafen y fomesafen + clethodin a las dosis evaluadas permiten controlar 85 y 89 % de malezas asociadas al cultivo de soya, lo cual permite tener un rendimiento de 3369.96 y 3148.42 kg/ha.

Agradecimiento

Se agradece al INIFAP por financiamiento otorgado a través del proyecto fiscal (SIGI: 10432535903).

Referencias bibliográficas

Bond W, Grundy AC. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. Weed Research 41: 383-405.

Cerdeira, Al, Dionsio LPG, Stephen OD, Marcus BM. 2011. Agricultural impacts of glyphosate resistant soybean cultivation in South America. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 5799-5807.

Grajales SM, Alonso Báez M. 2006. Control de maleza en soya para el Soconusco, Chiapas, Desplegable para productores Núm. 41. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chis. México. 2 p.

Grajales SM, López-Guillén G, Martínez Valencia B, Alonso Báez M. 2023. Control preemergente de maleza en el cultivo de soya de la región Soconusco, Chiapas. Desplegable informativo Núm. 53. INIFAP. CIR Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chis. México. 2 p.

Villaseñor Ríos JL, Espinosa Garcia FJ 1998. Catálogo de maleza de México. Universidad Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. México D.F. 449 p.

HERBICIDAS ALTERNATIVOS AL GLIFOSATO PARA SIEMBRA CON LABRANZA MÍNIMA EN CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* L.) EN CHIAPAS

Manuel Grajales-Solís[1], Guillermo López-Guillén[1], Moisés Alonso Báez[1], Luis Antonio Gálvez Marroquín[2], Biaani Beeu Martínez Valencia[1]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, INIFAP; [2]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP.
*Autor para correspondencia: grajales.manuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Malezas, control, Soconusco.

Introducción

En el estado de Chiapas durante el ciclo de producción P-V 2023, se sembraron 12,806 ha con soya, en las cuales se produjo 24,100 t con un rendimiento promedio de 1.88 t ha^{-1} (SIAP, 2024); de la superficie que se sembró, se estima que el 75 % fue con variedades transgénicas que son resistentes al glifosato. A pesar de que el uso de glifosato, se intentó restringir a principios del año 2023, se sigue aplicando nuevamente para el control de malezas. El glifosato, es de los herbicidas más usados en cultivos de soya transgénica para el control de malezas en nivel mundial tanto en siembra directa con labranza de conservación como en aplicaciones en postemergencia (Bellé *et al*., 2014).

El glifosato, es uno de los herbicidas más tóxicos y contamina el agua de pozos y ríos (Paravani *et al*., 2016). Además, existe evidencia que señala que el uso repetitivo de un mismo herbicida por varios años en un cultivo, genera biotipos de malezas tolerantes o resistentes al control, aunque se apliquen sobredosis a las especies de malezas tolerantes o resistentes no se eliminan, por lo cual es necesario utilizar otros herbicidas con diferente modo de acción para el control eficiente de malezas (Cerdeira *et al*., 2011). En soya en siembra con mínimo laboreo del suelo o labranza de conservación, existen herbicidas alternativos al glifosato que se pueden usar, tal como saflufenacil y carfentrazone, los cuales pertenecen a las categorías toxicológicas III y IV, respectivamente (Mc Naughton, 2015). Asimismo, también ya se comercializan herbicidas orgánicos preparados a base de extractos de plantas alelopáticas, metabolitos secundarios de plantas y microorganismos y aceites vegetales, que tienen potencial como desecantes vegetales que se pueden aplicar en malezas en postemergencia. Sin embargo, se requieren hacer evaluaciones en campo para conocer su efectividad biológica, residualidad y posible impacto sobre la biota del suelo (Lauriault *et al*., 2014). El objetivo de este trabajo fue encontrar al menos un herbicida alternativo al glifosato que se pueda usar en un suelo en presiembra de soya con labranza mínima y que tenga un control eficiente sobre las principales malezas en la región Soconusco, Chiapas.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el rancho Las Moras, municipio de Tapachula, Chiapas (14° 819268' N; 92° 378775' O; 86 msnm). Los tratamientos con herbicidas para el control de malezas en presiembra fueron los siguientes: T1) Glufosinato de amonio (300 g ha^{-1}); T2) Saflufenacil (28 g ha^{-1}); T3) Carfentrazone (19.2 g ha^{-1}); T4) Glifosato (480 g ha^{-1}) (testigo regional); T5) Carfentrazone (19.2 g ha^{-1}) + glifosato (480 g ha^{-1}); T6) Herbicida orgánico Sec Bios® (2 L ha^{-1}); y T7) Herbicida orgánico Herbitech® (2 L ha^{-1}).

El herbicida Sec Bios® consiste en ácidos orgánicos enzimáticos 10%, extracto de plantas alelopáticas 38%, toxinas de *Puccinia* sp. 2%, resina de pino 20% y diluyente 30%, mientras que herbicida Herbitech® es a base de aceite de conífera 40%, extracto de *Datura stramonium* 10%, extracto de plantas alelopáticas 42 %, metabolitos de *Puccnia* sp. 2% y aceite de coco no hidrogenado 6%.

El terreno se preparó para la presiembra de soya por medio de un subsoleo en la época seca durante el mes de abril y un pase de rastra el 28 de junio de 2024. Los tratamientos con herbicidas, se aplicaron el 26 de julio del 2024 en presencia de malezas que tenían crecimiento joven y sin estrés hídrico. La aplicación se hizo con boquillas de abanico plano (TeeJet®), con atomización de 80°, con número comercial de boquilla 8004, gasto de agua de 1.6 L/min a 40 lb/pulg^2 y con un gasto de 200 L ha^{-1} de agua. El diseño experimental fue bloques completamente al azar, con seis repeticiones y parcela total de 5 m^2. La superficie experimental fue de 250 m^2.

Para conocer el porcentaje de control de cada herbicida antes de las aplicaciones, se registró el número de especies de cada maleza presente en cada parcela por medio de cuatro muestreos con marco de madera de 50x50 cm (1m^2). La identificación de las especies de malezas asociadas al cultivo de soya en presiembra, se hizo por medio del catálogo de malezas de México (Villaseñor y Espinosa, 1999). Una vez

que se llevó a cabo la aplicación de los herbicidas, se cuantifico de manera visual el porcentaje de malezas que fueron controladas por los herbicidas a los 18 días después de la aplicación. Para determinar el porcentaje de control de maleza, se utilizó la escala 0= sin control y 100 = muerte de la planta, la cual fue propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (Rosales *et al*., 2011).
Los datos del control de la maleza se analizaron con un ANOVA y las medias se compararon con la prueba de Tukey (P ≤ 0.05) por medio del paquete estadístico SAS versión 9.4.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se muestran las especies y la población de malezas por m^2 que se encontraron antes de la aplicación y 18 días después de la aplicación de los tratamientos con herbicidas. Se identificaron seis especies de malezas; dos especies de hoja angosta: zacate luzaca (*Digitaria sanguinalis*) y zacate arrocillo (*Echinochloa colona*, Poaceae); y cuatro especies de maleza de hoja ancha: verdolaga cimarrona (*Thianthema portulacastrum*, Aizoaceae), escobillo colorado (*Sida rhombifolia*, Malvaceae), bejuco de cochi (*Ipomoea purpurea*, Convolvulaceae) y hierba del toro (*Thidax procumbens*, Asteraceae). Se observó que después de la aplicación de los herbicidas, disminuyó la población de cada una de las especies de malezas. Los mejores resultados se obtuvieron con el glufosinato de amonio, el cual controló tanto malezas de hoja ancha como angosta, mientras que los herbicidas saflufenacil y carfentrazone, controlaron más malezas de hoja ancha que de hoja angosta (zacates). En tanto, que los herbicidas orgánicos, no controlaron por completo las malezas de hoja angosta, tales como *E. colona* y *D. sanguinalis*, y tampoco la maleza de hoja ancha *S. rhombifolia*.
El glifosato que se usó como testigo regional, no controló todas las especies de malezas, especialmente *I. purpurea*, probablemente porque esta especie ya desarrolló resistencia al ingrediente activo. Sin embargo, los herbicidas saflufenacil, carfentrazone y el glufosinato de amonio, mostraron buen control contra *I. purpurea*.

Cuadro 1. Cuantificación de especies de malezas en el cultivo de soya en cada tratamiento aplicado en el Soconusco, Chiapas durante el ciclo agrícola P-V 2024.

Nombre científico	Núm. de malezas antes de la aplicación (m^2)							Núm. de malezas,18 días después de la aplicación (m^2)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
E. colona	85	85	62	29	45	41	19	2	12	0	1	2	32	15
T. procumbens	62	47	48	52	53	23	22	4	2	1	6	3	10	8
T. portulacastrum	60	58	62	51	46	45	47	1	5	2	0	2	2	0
D. sanguinalis	23	46	30	31	45	21	18	0	10	11	0	0	13	15
S. rhombifolia	45	47	36	38	54	19	20	0	9	2	1	4	16	19
I. purpurea	5	8	9	6	8	7	11	0	0	0	6	1	7	9

T1= glufosinato de amonio; T2= saflufenacil; T3= carfentrazone; T4= glifosato; T5= carfentrazone + glifosato T6= Sec Bios; y T7= Herbitec.

Entre los mejores herbicidas alternativos al glifosato, se encontró a glufosinato de amonio (con 98 % y 81% de control sobre malezas de hoja ancha y angosta, respectivamente). Con similar respuesta al glufusinato de amonio sobre malezas de hoja ancha están los herbicidas: carfentrazone y saflutenacil (con 97 y 96% de control, respectivamente), los cuales no fueron tan eficientes para el control de malezas de hoja angosta en comparación del glufosinato de amonio y el glifosato. Los tratamientos menos efectivos para el control de malezas fueron los herbicidas orgánicos, con porcentajes de control por debajo del 70%. De acuerdo con la Sociedad Europea de Investigación en Maleza, los valores menores al 85 % de control de malezas de hoja ancha y angosta, se catalogan como de baja eficiencia. El porcentaje de control menor al 70% de los herbicidas orgánicos, sugiere que no son aptos para su uso en la región de trópico húmedo en donde se llevó a cabo el ensayo.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados del ensayo, se sugiere que el glufosinato de amonio, se puede usar como un herbicida alternativo al glifosato en la región soyera del Soconusco, Chiapas. Este herbicida mostró

actividad biológica similar al glifosato contra malezas de hoja ancha y angosta en presiembra del cultivo de soya en un sistema de mínima labranza.

Cuadro 2. Porcentaje de control de malezas de hoja ancha y angosta en tratamientos de herbicidas alternativos al glifosato en el Soconusco, Chiapas durante el ciclo agrícola P-V 2024.

Tratamientos	Control de malezas (%)	
	Hoja ancha	Hoja angosta
Glufosinato de amonio	98.09a	81.33ab
Saflutenacil	96.26a	75.07 b
Carfentrazone	97.14a	76.57 b
Glifosato	98.02a	80.61ab
Carfentazone + glifosato	88.15b	80.75ab
Sec Bios	69.82c	64.32c
Herbitec	68.27c	65.58c
C.V. (%)	6.89	16.01

Las medias de cada columna seguidas de una misma letra no difieren significativamente (Tukey, p > 0.05). CV= coeficiente de variación.

Agradecimiento
Los autores agradecen al INIFAP por el apoyo financiero otorgado al proyecto fiscal: “Actualización de la componente de producción maleza, con herbicidas pre y postemergente, y orgánicos amigables con el ambiente, así como alternativos al uso de glifosato en el cultivo de soya en el Soconusco, Chiapas (SIGI: 10432535903)”.

Referencia bibliográfica

Bellé, C, Kulczynski SM, Basso CJ, Edu Kaspary T, Lamego FP y Pinto MAB. 2014. Yield and quality of wheat seeds as a function of desiccation stages and herbicides. Journal of Seed Science 36: 063-07.

Cerdeira AL, Dionsio LPG, Stephen OD, Marcus BM. 2011. Agricultural impacts of glyphosate resistant soybean cultivation in South America. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 5799-5807.

Lauriault LM, Thompson DC, Pierce JB., Michels, GJ, Hamilton WV. 2014. Managing *Aceria malherbae* gall mites for control of field bindweed. College of Agricultural, Consumer and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service. Cooperative Extension Service. Circular 600. 8 p.

Mc Naughton KE, Blackshaw RE, Waddell KA, Gulden RH, Sikkema PHY, Gillard CL. 2015. Effect of five desiccants applied alone and in combination with glyphosate in dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Canadian Journal of Plant Science 95: 1235-1242.

Paravani EV, Sasal MC, Sione SM, Gabioud EA., Oszust JD, Wilson MG, Repetti MR. 2016. Determinación de la concentración de Glifosato en agua mediante la técnica de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA). Revista Internacional de Contaminación Ambiental 32: 399-406.

Rosales RE, Sánchez CR, Cerda GPA. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. Revista Fitotecnia Mexicana 34: 269-275.

SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2025. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2024 en México. Estadísticas de producción del cultivo de soya. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México, México. http:// www.siap.gob.mx/.

Villaseñor Ríos JL, Espinosa Garcia FJ 1998. Catálogo de maleza de México. Universidad Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. México D.F. 449 p.

MALEZAS DEL CULTIVO DE MAÍZ DE TEMPORAL EN COMUNIDADES DE LA MONTAÑA DE GUERRERO, MÉXICO

Marisa Silva-Aparicio[1]* y Eugenia Pacheco-Cantú[1]

Programa Académico de Ciencias y Medio Ambiente. Universidad Intercultural del Estado de Guerrero.
*Autor para correspondencia: marucha21048@gmail.com

Palabras clave: Densidad; diversidad; manejo.

Introducción

Las malezas son de interés por las capacidades naturales que demuestran para establecerse de manera espontánea en ambientes modificados y seminaturales, además de provocar un alto impacto en los cultivos, ya que compiten por nutrientes, luz, agua y espacio que impide el desarrollo óptimo de las plantas cultivadas, reflejándose en su rendimiento. Por otro lado, a las malezas o arvenses también se les reconoce por tener un papel importante como protectoras del suelo y promover el reciclaje de nutrientes que ayudan al mantenimiento de su fertilidad (Blanco y Leyva, 2007), además de ser una fuente de néctar y polen; su presencia significa menor afectación a los cultivos por enfermedades, plagas y sequías según Altieri *et al*. (2012); estas plantas también son utilizadas para complementar la alimentación de diversos pueblos rurales que las reconocen como “quelites”, igualmente son útiles para alimentar a los animales domésticos, en la medicina tradicional y como ornamentales, entre otros usos.

Por otro lado, en la Montaña de Guerrero el cultivo de maíz ocupa aproximadamente 49 316 mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 1.29 t/ha, específicamente en comunidades como Ixcateopan, El Aserradero y La Ciénega se reportan valores de 2.2, 1.0 y 1.1 t/ha respectivamente (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP -, 2020); las diferencias corresponden principalmente a las condiciones ambientales y el manejo en cada una de ellas; no obstante, la presencia de las arvenses es una problema, por lo que realizan distintas prácticas para su control y evitar el efecto en el rendimiento de la especie cultivada. El uso de herbicidas es la forma más frecuente de controlar estas plantas, lo cual ha ocasionado la resistencia de algunas arvenses y sea cada vez más difícil eliminarlas (. Asimismo, la información sobre este grupo de plantas dentro del cultivo de maíz aún es limitada para el estado de Guerrero, lo que reduce las posibilidades de establecer planes de manejo sostenibles. Debido esto, el objetivo de este trabajo fue determinar composición y estructura de malezas del cultivo de maíz en tres comunidades ubicadas en distintos municipios de la Región Montaña de Guerrero.

Material y métodos

Área de estudio. Incluyó tres comunidades (La Ciénega - LC -, Ixcateopan - IX - y El Aserradero - EA -) ubicadas en los municipios de Malinaltepec, Alpoyeca e Iliatenco, pertenecientes a la región Montaña de Guerrero, asimismo, cada una de ellas presentan características propias de suelo, clima y vegetación. Las parcelas pertenecen a propietarios cooperantes, por lo que se ubicaron en diferentes áreas de las comunidades de estudio y presentaron características físico ambientales distintas.

Muestreo y recolecta de arvenses. Los muestreos se realizaron considerando dos fases de desarrollo del maíz, la primera, en la etapa inicial, 20 días después de la siembra y la segunda, cuando las plantas ya presentaban la inflorescencia masculina (espiga). El registro del número de individuos y cobertura de cada especie se realizó a través del establecimiento de cinco Cuadros de 1 m² de manera aleatoria en cada una de las parcelas (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Las recolecta de los ejemplares de las arvenses en las mismas fechas de los muestreos, con el fin de recolectar la totalidad de las especies y que los ejemplares contaran estructuras reproductivas (flores o frutos), para facilitar la identificación taxonómica.

Identificación taxonómica. Se utilizó material bibliográfico referente a plantas de la región (Flora de Guerrero) y otras cercanas a esta (Flora del Bajío y Flora de Veracruz); así como plataformas y bases de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, para la revisión de la nomenclatura se consultó la base de datos The World Flora Online (WFO, 2024). Los ejemplares herborizados se depositaron en el herbario de la Universidad Intercultural del Estado de Guerrero.

Análisis de datos. Se elaboraron curvas de acumulación de especies para determinar la representatividad del muestreo, utilizando el estimador no paramétrico Chao 2 en el programa Estimates v.9.1. La diversidad alfa se estimó con el índice de Shannon-Wiener ($H' = -\sum pi\ lnpi$), la dominancia de Simpson ($\lambda = \sum pi^2$), además del número efectivo de especies (N0= Número total de especies (S), N1 = Número de especies

abundantes ($e^{H'}$) y N2 = Número de especies muy abundantes (1/λ) (Moreno *et al*. 2011), se realizó la prueba de *t* de Hutchinson para determinar diferencias de la diversidad entre comunidades (Moreno, 2001). Se realizó un análisis para relacionar las diferentes comunidades respecto a su similitud florística, empleando UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic averaging) como medida de agrupamiento y el Índice Morisita (IM-H = 2 Σ (ani*bni) /[(da + db)(aN)(bN)]), ya que modelos de tipo cuantitativo como el antes mencionado ha sido señalado como el más adecuado como medida de proximidad (Magurran, 1988) para ello se utilizó el programa Past v. 4.03.

Además, se calcularon la abundancia relativa, densidad, dominancia relativa, frecuencia relativa y el índice de valor de importancia con las ecuaciones siguientes:

- AR = (Abundancia absoluta por cada especie) / (Abundancia absoluta de todas las especies) X 100"
- Densidad = Número de individuos de una especie/Superficie"
- DR" = (Dominancia absoluta por especie) / (Dominancia absoluta de todas las especies) X 100
- FR = (Frecuencia absoluta por cada especie) / (Frecuencia absoluta de todas las especies) X 100
- Índice de valor de importancia (IVI) = (1/3) DR + DR + FR

Resultados

Riqueza de especies y estructura. Las especies observadas en las tres comunidades -127- y las esperadas -185- presentaron una diferencia de 58 especies, es decir, que el esfuerzo de muestreo realizado para las tres comunidades significó el 68.6% de las arvenses presentes en las parcelas de maíz. No obstante, la representatividad a nivel local fue mayor, ya que en La Ciénega se registró el 81.6% (49 de las 60 especies esperadas), 77.51% en Ixcateopan (30 de las 38 arvenses estimadas) y en El Aserradero el 85.34% (60 de las 79 especies estimadas), por lo que se esperaría el registro de nuevas especies a nivel local y regional.

Composición de especies. Del total de plantas registradas el 80.31% pertenece a las dicotiledóneas, 18.11% a las monocotiledóneas y 1.58% a las Pteridophytas; asimismo, el 87.40 % fueron nativas y 12.50% introducidas. Se registraron 127 especies registrada en las distintas localidades de estudio, pertenecientes a 32 familias botánicas; de las cuales las mejor representadas fueron las Asteraceae con 32 especies, Poaceae con 16 y Fabaceae con 13, el resto de familias presentaron menos de 10 especies. A nivel local, en El Aserradero se recolectaron 60 especies de 21 familias, siendo las Asteraceae la mejor representada (13 spp.), seguida de la Poaceae (10 sp.) y la Fabaceae (6 spp.). En La Ciénega se registraron 49 especies, pertenecientes a 20 familias de las cuales la Asteraceae (18 spp.), Fabaceae (5 spp.), Poaceae y Solanacea (con 3 spp.), presentaron la mayor riqueza. En Ixcateopan se registraron 30 especies de 13 familias donde la Euphorbiaceae (5 spp.), Asteraceae y Poaceae (4 spp.) fueron las mejor representadas.

Abundancia y densidad. Se registraron 3 941 individuos en las tres comunidades con una densidad de 43.78 ind m^2. En La Ciénega registró la mayor abundancia y densidad (1 969 individuos y 65 ind m^{-2}), seguida de El Aserradero (1 220 y 40 ind m^{-2}) y finalmente Ixcateopan (752 individuos y 25 ind m^{-2}). Las especies más abundantes fueron: *Stevia tomentosa* Kunth, *Persicaria nepalensis* (Meisn.) Miyabe, *Stevia* sp., *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav., y *Verbena carolina* L., con más de 160 individuos cada una. A nivel comunidad, las especies más abundantes para La Ciénega fueron *Stevia tomentosa* Kunth, *Persicaria nepalensis* (Meisn.) Miyabe y *G. quadriradiata* Ruiz & Pav., con más de 150 individuos; en Ixcateopan las especies más abundantes fueron *Sanvitalia procumbens* Lam. y *Euphorbia heterophylla* L. con más de 100 individuos; para El Aserradero las especies más abundantes fueron *Stevia* sp., *Verbena carolina* L. y *Eupatorium* sp. con más de 140 individuos.

Diversidad alfa. La diversidad de especies en las comunidades muestreadas en la Montaña de Guerrero de acuerdo a Shannon-Wiener (H') fue de 3.8, la dominancia (D) de 0.015, con un total de 127 especies (N0), 87 abundantes (N1) y 66 muy abundantes (N2). Los valores de diversidad (H') fue mayor para El Aserradero (H' = 3.1), seguida de La Ciénega (H' = 2.8) y finalmente Ixcateopan (H' = 2.7); la prueba de *t* de Hutchinson para la diversidad (H') mostró diferencias entre todas las comunidades (El Aserradero y La Ciénega, $t = 5.2$, $P<0.0002$, El Aserradero e Ixcateopan, $t = 7.57$, $P<0.0001$ y La Ciénega e Ixcateopan, $t = -2.22$, $P=0.02$). En cuanto a la dominancia (D) el valor más alto (0.098) fue para La Ciénega y la riqueza de especies fue mayor para El Aserradero (60 spp.).

Diversidad beta. Las especies de arvenses compartidas entre las parcelas estuvo entre una y seis, con una similitud (I_J) de 0.06 entre Ixcateopan (I) y La Ciénega (LC), de 0.02 entre Ixcateopan (I) y El Aserradero (A) y de 0.05 entre La Ciénega y El Aserradero. Las especies compartidas entre Ixcateopan y La Ciénega fueron cinco y una entre Ixcateopan y El Aserradero.

Índice Valor de importancia (IVI). La especie con mayor peso ecológico en las localidades muestreadas fue *Stevia tomentosa* Kunth (4.165%), seguida de *Persicaria nepalensis* (Meisn.) Miyabe (3.748%), *Euphorbia*

heterophylla L. (3.404%), *Solanum americanum* Mill. (3.101%) y *Echinochloa colona* (L.) Link (3.071%). En el caso de la comunidad de La Ciénega *P. nepalensis* y *S. americanum* fueron las que presentaron los valores más altos con 9.08% y 7.27% respectivamente, en Ixcateopan *E. heterophylla* (11.19%) y *Sanvitalia procumbes* (9.44%) y en El Aserradero *Spermacoce alata* (8.26%) y *S. tomentosa* (6.31%).

Discusión y conclusiones

Las especies registradas como arvenses en su mayoría (87.40%) son nativas, asimismo el 80.31% son eudicotiledóneas y solo el 18.11% monocotiledóneas, lo cual coincide con lo reportado en diversos estudios sobre este grupo de plantas en diferentes regiones de México y otros países. Cabe destacar la presencia de *Pteridium aquilinum* (Pteridophyta) el cual ha sido registrado como una especie invasora en terrenos agrícolas y ganaderos, esta especie tiene amplia distribución, con capacidades ecológicas como la propagación subterránea, gran producción de esporas, alta resistencia al fuego y a la sequía, características que le permiten colonizar una amplia variedad de espacios.

Las familias botánicas mejor representadas fueron la Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Solanaceae, lo cual coincide con lo reportado en otros estudios como los de Almazán (1993), estas familias son de las más diversas dentro del grupo de los organismos vegetales y de las malezas. En cuanto a la riqueza de especies (127) se encuentra en los rangos reportados por distintos autores; a nivel local las diferencias entre Ixcateopan y las otras dos comunidades, puede estar relacionado con el manejo, ya que, a diferencia de la primera, en El Aserradero y La Ciénega el manejo que incluye menor uso de herbicidas, además de las condiciones ambientales que también puede estar afectando la diversidad. Respecto a la riqueza y diversidad registrada en las parcelas de maíz de la Montaña de Guerrero (H'= 3.84, 127 especies puede deberse diferenciación de nichos ecológicos a lo largo de múltiples dimensiones funcionales impulsa la adaptación de las plantas a condiciones ambientales y de manejo específicas, al respecto Blanco y Leyva (2007) también enfatizan en dichos aspectos para explicar las diferencias en la diversidad a nivel local, lo cual se observó en este trabajo (El Aserradero y La Ciénega, $t = 5.2$, $P<0.0002$, El Aserradero e Ixcateopan, $t = 7.57$, $P<0.0001$ y La Ciénega e Ixcateopan, $t = -2.22$, $P=0.02$).

Lo anterior se refleja en la baja similitud ($J_I = 0.07\%$) de las especies entre las parcelas de las distintas comunidades, solo *Spermacoce suaveolens* (G. Mey.) Kuntze que es de amplia distribución y se distribuye entre los 900 a los 2400 m s.n.m. (Bacigalupo y Cabral, 1999).

La abundancia depende de diferentes factores, como el tipo y frecuencia de la labranza, la rotación de cultivos, además del tipo de herbicida utilizado influyen en la composición del banco de semillas y de las cualidades de cada especie. En este trabajo los valores más altos de densidad se presentaron en parcelas de La Ciénega (1989 individuos, 65 ind m^{-2}), seguida de El Aserradero (1220 individuos, 40.6 ind m^{-2}) e Ixcateopan (752 ind m^{-2}), siendo *Stevia tomentosa* Kunth y *Persicaria nepalensis* (Meisn.) Miyabe las más abundantes.

Las especies de mayor valor de importancia (IVI) de manera general fueron *Stevia tomentosa* Kunth y *Persicaria nepalensis* (Meisn.) Miyabe; en La Ciénega también fue la más importante *P. nepalensis* (Meisn.) Miyabe, además de *Euphorbia heterophylla* L. fueron las de mayor valor ecológico, en Ixcateopan y en El Aserradero con 8.26% *Spermacoce alata* Aubl. Estas divergencias se deben principalmente a las condiciones ambientales en las parcelas, así como a la naturaleza de cada una de las arvenses, ya que estos factores influyen notoriamente en la distribución e interacciones de este tipo de plantas.

Referencias bibliográficas

Almazán, J. A. (1993). Contribución al conocimiento de la flora arvense del Estado de Guerrero (México). Botánica Complutensis, 18, 137-150. https://core.ac.uk/download/pdf/38807307.pdf

Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R., & Petersen, P. (2012). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. Agronomy for Sustainable Development, 32, 1-13. https://doi.org/10.1007/s13593

011-0065-6

Blanco, Y. L. (2007). Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. Cultivos Tropicales, 28(2), 21-28. https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217731003.pdf

Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York: John Wiley and Sons.

EFICIENCIA HÍDRICA DE PASTO FORRAJERO DE TEMPORAL EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL NORTE DE GUANAJUATO

Juan José Ramírez-Ramírez[1]*, Ramón Aguilar García[1]

[1]SENGUA CIRCE, INIFAP.
*Autor para correspondencia: ramirez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Agua, suelo y forraje.

Introducción

El uso desmedido del agua, como insumo, ha ido generalizando un problema de escases en las comunidades más vulnerables de la región hidrológica de Guanajuato (Aguilar y Ortega, 2017). La eficiencia hídrica es una variable que nos permite relacionar la producción de materia seca "fotosintátos" (kg/ha) y el consumo de agua en el ciclo del cultivo (m^3) (Sánchez *et al*., 2020). En el Campo Experimental Norte de Guanajuato se ha desarrollado tecnología accesible para mitigar siniestralidad en gran parte de las unidades de producción. Dentro de las que destacan: "Diagnóstico *in situ* del suelo", labranza de conservación "Rotura Vertical" y "Producción de pastos forrajeros". La productividad del agua en producción de pasturas en México, oscila entre 0.67 y 1.49 kg/m^3 (León *et al*., 2022). El objetivo del estudio, evaluar la eficiencia hídrica en el establecimiento y producción de temporal de pastos nativos, bajo un esquema de manejo de suelo con labranza de conservación, rotura vertical, técnica agronómica que aumenta la capacidad del suelo de absorber y retener agua de lluvia; como una opción para los sistemas de producción de alta siniestralidad donde las condiciones de lluvia son cada vez más impredecibles y donde es imperativo mejorar las condiciones del suelo para la producción de cultivos.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en la comunidad de Manzanares perteneciente al municipio de San Luis de la Paz, Gto., México, a 21°19´ LN y 100°25´ LO, con una elevación de 2 051 msnm; precipitación media anual de 250 mm. Suelos de textura franco arcillo arenosa. La parcela tiene una superficie de 1 ha. El manejo de reconversión agronómica bajo el sistema de labranza de conservación, Rotura Vertical comenzó en el año 2021 y cuyo tratamiento de labranza se aplicó años posteriores. Para el año {1} y {4} se realizó Diagnóstico *in situ*, movimiento de agua en el perfil edáfico, se determinaron las variables velocidad de infiltración (mm/min) y lámina acumulada (mm) del suelo. Se caracterizó la precipitación pluvial ocurrida en la zona, 281 mm, ciclo 2024. En el año {2}, se incorporó una cantidad de 1000 kg/ha de estiércol composteado. A partir del año {1} se ha sembrado mezcla de semillas forrajeras perennes, pastos y semillas cíclicas, maíz y frijol. La densidad de siembra fue en cada año de 80, 60, 60 y 80 kg/ha de semilla, respectivamente. Para determinar la producción de materia seca (kg/ha), se tomaron nueve muestras al azar (1m^2 cada una) de pastura al final del ciclo del año {1} y {4} y se relacionó con la precipitación ocurrida durante cada ciclo, para obtener la eficiencia hídrica (kg/m^3). Se realizaron dos Análisis de varianza (ANOVA), el primero consistió en AÑOS de labranza de conservación y muestras de fotosintátos, su variable respuesta, la eficiencia hídrica (kg/m^3); el segundo para el efecto del manejo conservacionista de suelo, donde se evaluaron los AÑOS de labranza y SITIOS de muestreo de infiltración y cuya variable respuesta fue la lámina acumulada (mm). Las muestras de producción de materia seca y de infiltración, representaron el 30% de trabajo en campo. Su análisis se realizó en los programas de Microsoft Excel 2010, Curve Expert 1.4 ® y Minitab 16 ®.

Resultados y discusión

Rendimiento por hectárea y eficiencia hídrica. Se encontraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en los años {1} y {4}, en el rendimiento promedio de pasto, 1161 y 2694 kg/ha y la eficiencia hídrica, 0.45 y 0.96 kg/m^3, hubo un aumento de más del 40% en el aprovechamiento del agua por los cultivos. La precipitación para cada ciclo de producción estuvo en 260 mm para el año {1} y 280 mm para el año {4}. Véase Cuadro 1.

El coeficiente de variación nos indica que la variabilidad entre las muestras del primer año fue alta, por lo que podemos deducir que las raíces tenían dificultad para explorar el terreno, debido al manejo de suelo convencional. González *et al*. (2020), reportaron una eficiencia de 0.75 kg/m^3 en una región semiárida de Tamaulipas, de temporal con pasto híbrido, 1811 mm. En un estudio de riego en Sinaloa, por López *et al*.

(2024) con una precipitación de 1898 mm se encontró una eficiencia hídrica de 0.73 kg/ m^3. En el Cuadro 2 se pueden observar los tratamientos de labranza que se han aplicado al suelo en cuestión, y donde se describen algunas condiciones importantes del manejo.

Cuadro 1. Eficiencia hídrica y rendimiento por hectárea en un ambiente semiárido “Norte de Guanajuato”.

Muestras	Eficiencia hídrica {kg/ha}		Rendimiento {kg/ha}	
	Año {1}	Año {4}	Año {1}	Año {4}
M1	0.27	1.09	705.43	3056.5
M2	0.65	1.31	1700.13	3676
M3	0.38	0.82	1000.00	2302
M4	0.27	0.44	699.77	1245
M5	0.24	0.81	616.40	2270
M6	0.48	1.10	1259.78	3083.5
M7	0.15	0.66	399.90	1854
M8	0.60	1.23	1554.00	3454
M9	0.97	1.18	2518.33	3307
promedio	0.45	0.96	1161.53	2694.22
Máximo	0.97	1.31	2518.33	3676.00
mínimo	0.15	0.44	399.90	1245.00
Desv est	0.26	0.29	672.61	816.96
C.V %	0.58	0.30	0.58	0.30

Cuadro 2. Tratamientos de labranza de conservación para el manejo de suelo. Manzanares, San Luis de la Paz, Gto. México. Ciclos: 2021-2024.

Año {cual}	Fecha	Tratamiento labranza {tipo}	Prof. Prom {cm}	Prof. Máx {cm}	Desv. Estándar	CV {%}	Suelo removido {ton/ha}
{1}	2021	RV: cultv. 2 elem.	24.90	33.0	4.73	18.98	700.27
{2}	2022	RV: sub. 3 elem.	23.80	32.5	4.27	17.93	669.32
{3}	2023	RV: sub. 3 elem.	23.92	36.0	3.38	14.11	732.61
{4}	2024	cero labranza	ND	ND	ND	ND	ND

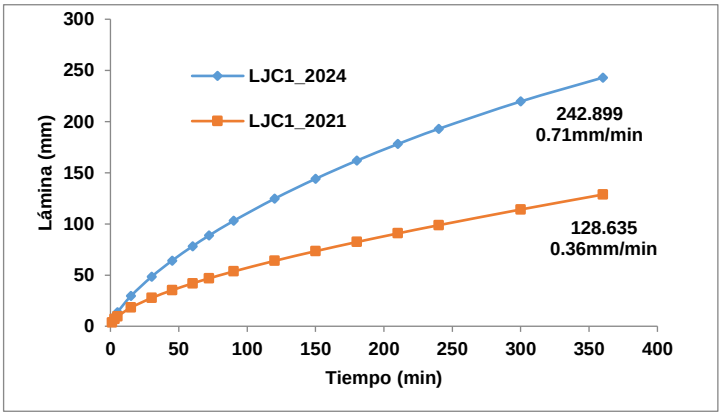
RV:cultv 2 elem.= Rotura Vertical: cultivadora 2 elementos; RV:sub 3 elem.= Rotura Vertical: Subsuelo 3 elementos; ND=no determinado.

Se observa como el terreno tiene una condición estructural muy heterogénea en el primer año (presencia de piso de arado) y esta se reduce conforme se acondiciona con labranza de conservación. Las toneladas de suelo removido, son menores en comparación con un barbecho convencional, donde, considerando la profundidad promedio del año {1} y una densidad aparente de 1.14 ton/m^3 se moverían alrededor de 2 890 ton/ha de suelo.

Movimiento de agua en el perfil edáfico. Se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en los AÑOS de muestreo, pero no para los SITIOS, al no encontrar diferencia entre los SITIOS nos dice que pragmáticamente, los puntos de muestreo fueron representativos del lugar. Estos puntos, se establecieron a una distancia menor a tres metros entre sí. La magnitud encontrada en cada SITIO y por AÑO se observa en la Figura 1.

SITIO	RV 1 año {mm}	RV 3 años {mm}
1	269.661	564.387
2	331.820	573.821
3	341.454	586.178
4	313.171	558.640
5	322.213	587.261

(a)



(b)

Figura 1. (a) Lámina acumulada {mm}, Días N=5 y (b) lámina acumulada {mm} Días N=1. Rancho Manzanares San Luis de la Paz, Gto. México.

Conclusiones

El manejo del suelo es fundamental para propiciar el crecimiento de especies nativas y en lo posible el establecimiento de especies introducidas. El objetivo de estudio se cumple. Esta información sirve para estudios posteriores, especialmente en la región semiárida del Norte de Guanajuato.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la comunidad de Manzanares y quienes participaron en el trabajo de campo y la toma de muestras y más, Eleazar Pérez y otros que ya no están.

Fuente financiadora

Este estudio se realizó con apoyo del INIFAP, Sitio Experimental Norte de Guanajuato y Campo Experimental Bajío.

Referencias bibliográficas

Aguilar, G. R. y Ortega, G. A. (2017). Análisis de la dinámica del agua en la zona no saturada en un suelo sujeto a prácticas de conservación: implicaciones en la gestión de acuíferos y adaptación al cambio climático: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 34, núm. 2. 91-104. Recuperado de internet: http://satori.geociencias.unam.mx/34-2/(03)AguilarGarcia-34_2.pdf.

González M.A., Garay M.J., Estrada D.B., Bernal F.A., Limas M.A., Joaquín C.S. (2020). Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto Insurgente e híbridos de Urochloa. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, n.º 24 (abril). México, ME:177-89. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2368

León de Dios G., Juárez R.J., Reyes I.F., Torres J.B., Nava M.F. (2022). Comportamiento productivo y valor nutricional del pasto Pennisetum purpureum cv Cuba CT-115, a diferente edad de rebrote. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 13(4), 1055–1066. https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i4.5217

Sánchez, A.H., Robledo, T.M., Calderón, E.A., Esparza, Z.J., López, L.C. (2020). Productividad del agua y rendimiento de maíz bajo diferente disponibilidad de humedad. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11 (5), 1055-1016. Recuperado de: https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index/.php/agricolas/article/view/2118

INCIDENCIA Y AFECTACIÓN DE LAS ENFERMEDADES VIRALES EN DOS CICLOS DE VALIDACIÓN DEL CHILE JALAPEÑO BAJO RIEGO EN QUINTANA ROO

García Sandoval José Ángel[1]*, Góngora Pérez Rubén Darío[1]

[1]Campo Experimental Chetumal-CIRSE-INIFAP.
*Autor para correspondencia: garcia.angel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Virosis, validación, chile.

Introducción

El cultivo de chile jalapeño en Quintana Roo fue considerado, por más de cuatro décadas, la base del sustento familiar en la mayoría de las localidades del Sur de la entidad. Sin duda alguna, en el relevo generacional de los productores que introdujeron y crecieron social y económicamente el cultivo, recae, en gran parte, el desinterés por continuar la tradición de la siembra de esta hortaliza durante el ciclo primavera-verano y condiciones de temporal, ya que para el año 2016 reportó una superficie menor a 500 ha (SIAP, 2017), la cual, hoy en día, no ha logrado rebasar.

La transición del sistema de producción de temporal a riego ha costado mucho esfuerzo y dinero con resultados poco alentadores y sin despertar interés por aprovechar otras ventanas de mercado que demanda el chile jalapeño nacional e internacionalmente; sin embargo, dado que en Quintana Roo la siembra se concentraba en el periodo lluvioso (P-V) y utilizaba semilla criolla con estándares de calidad exclusiva para la industria, por lo que acceder a los mercados y ventanas donde la demanda supera la oferta, existe menor competencia de los estados productores y los precios ofertados por kilogramo son hasta tres veces más elevados a los que paga la industria, era imposible acceder.

La estación seca de Quintana Roo abarca los meses de diciembre-mayo, recibe alrededor del 20% de la precipitación anual (1,200 mm) y presenta temperaturas ideales para hortalizas altamente rentables, pero, por múltiples razones ha sido desaprovechado. Las experiencias de productores coinciden en las bondades del ciclo, pero señalan que la incidencia y severidad de plagas vectores de virosis y la falta de híbridos adaptados con la calidad demandada en los mercados, como limitantes más recurrentes y causales de la subutilización que aún persiste del ciclo otoño-invierno en Quintana Roo. El objetivo fue conocer el comportamiento e impacto de las enfermedades tipo viral en el rendimiento del cultivo de chile jalapeño bajo riego en la estación seca de Quintana Roo.

Materiales y métodos

Las parcelas de validación de chile jalapeño se establecieron en el Campo Experimental Chetumal, ubicado en el poblado de Xul-Ha, Municipio de Othón P. Blanco y ocuparon una superficie de 2.0 ha. Se validaron los híbridos comerciales Dante, Orizaba y Mixteco, acolchado plástico y cubierta de polipropileno en siembras de otoño-invierno 2021-2022 y 2022-2023. Las plantas se produjeron durante el periodo del 17 de enero al 3 de marzo de 2022 y 2023. El trasplante, en forma manual, se realizó durante la primera semana del mes de marzo de cada año de validación. El suministro de agua, nutrientes fue a través del sistema de riego por goteo y venturi. El manejo fitosanitario y agronómico fue de acuerdo con el paquete tecnológico del cultivo de chile jalapeño que el INIFAP sugiere en la entidad. Se hicieron registro de plantas con el síntoma inicial de la virosis durante cada ciclo de cultivo y con ellos se estimó la incidencia y tasa porcentual de incremento. Se midió el rendimiento por hectárea y se realizó análisis estadístico y ante diferencias significativas se aplicó la comparación de medias con la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Se utilizó el programa estadístico SAS para correr las pruebas señaladas.

Resultados y discusión

En la Figura 1 se anexa la incidencia y comportamiento que mostraron las enfermedades virales durante el periodo de cultivo del chile jalapeño en los dos ciclos de validación con diferentes componentes tecnológicos. Como se aprecia en el año 1, el porcentaje de plantas afectadas por dichas enfermedades fue baja y un crecimiento lento desde el trasplante hasta los 63 DDT; es decir, prácticamente hasta llegar a la primera de las dos cosechas efectuadas en este año. En el periodo en mención se hicieron el 81 % de los muestreos y promediaron una tasa de incremento de sólo 15%. Después se tuvieron tres registros más de la incidencia viral, donde se observó la agresividad y crecimiento de los vectores, ya que el número de plantas con síntomas de la virosis sumó en 58 % la incidencia en 42 días. Cabe recalcar que este

crecimiento ocurrió cuando las plantas alcanzaron su altura y desarrollo, lo cual dificulta obtener buen control de las plagas, en este caso a la mosca blanca. También cabe señalar que la virosis pierde severidad en las plantas conforme se infectan con mayor edad, como en este caso, en particular, donde el pico agresivo ocurre cuando el cultivo se encuentra en etapa de fructificación para la segunda cosecha y consecuentemente el repunte sustancial de la tasa porcentual de incremento que paso de 15 a 114%. Al respecto Santiago-Meza *et al.* (2024) precisan que en papa la inoculación del virus a mayor edad de planta reduce las pérdidas de rendimiento y señalan que probablemente se deba a que los virus no tienen tiempo suficiente para replicarse y causar daño. Para el segundo año de validación se procuró coincidir en los periodos de trasplante, manejo y componentes tecnológicos con relación al primer año.

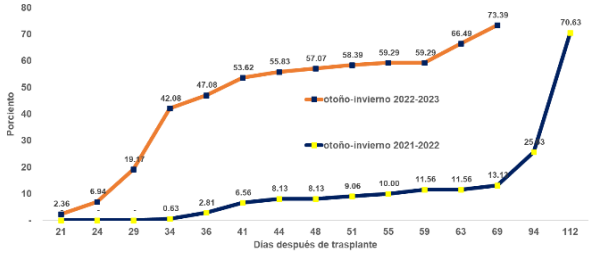


Figura 1. Incidencia de las enfermedades virales en chile jalapeño durante dos ciclos de cultivo. Campo Experimental Chetumal.

En la misma Figura 1 es posible ver la incidencia y comportamiento de la virosis en el segundo ciclo de validación de este cultivo, donde, en forma general, es muy diferente al anterior, ya que en los primeros 30 DDT la cantidad de plantas con los síntomas iniciales de la virosis ya alcanzaba el 20% de la población, es decir, el vector daba indicios de su alta infectividad para trasmitir la virosis al cultivo y de un año con crecimiento muy lento pasó a un crecimiento muy rápido y efectivo para dañar las plantas de chile en la fase más vulnerable a la virosis que es la etapa de trasplante a floración.

Dentro de los primeros 40 DDT la incidencia superó el 50 % de población establecida con síntomas severos, es decir, plantas pequeñas y área foliar con mosaicos y malformada, nada parecido al escenario del ciclo anterior donde la mosca fue más plaga que vector y viceversa en 2023 donde todo indicaba que la mosca fue más vector que plaga. En este periodo la tasa porcentual de incremento promedio indicó 102 %, extremadamente distinto al 15 % del primer año de validación. De los 44 DDT a los 59 DDT, es decir, 15 días posteriores al periodo más agresivo de binomio mosca-virosis, se observó una incidencia más lenta, ya que la cantidad de plantas afectadas creció alrededor del 6 %, de hecho, este lapso de menor daño coincide con una tasa porcentual de incremento por debajo del 4 %, que, al compararlo con el periodo de máximo crecimiento, indicó una desaceleración de las mismas, sin embargo, ocurrió cuando más del 50 % de la población fue afectada y ya eran evidentes los síntomas severos de la virosis y la afectación al rendimiento. En los últimos monitoreos realizados, los vectores continuaron siendo altamente infectivos, ya que la incidencia denotó fuerte desarrollo de plantas con virosis, pues de 60 % a los 60 DDT aumentó casi 20 %; en tanto, la tasa de incremento porcentual, como se esperaba, cambió de 4% a 7%.

En la Figura 2 se aprecia la respuesta que tuvo el cultivo de chile jalapeño bajo riego y en siembras de otoño-invierno 2021-2022 y 2022-2023 en la entidad. Importante remarcar que en el primer año de validación las enfermedades de tipo viral en el rubro más importante y de preocupación para el productor como es el rendimiento, no fue muy diezmado y tanto la incidencia como la severidad del binomio mosca-virosis ocurrió de forma lenta durante los primeros 70 DDT,

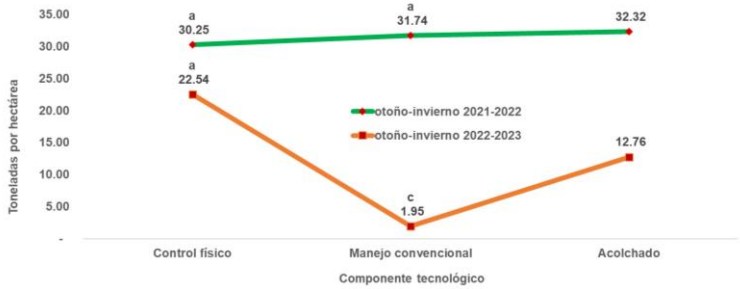


Figura 2. Respuesta productiva del chile jalapeño a la incidencia y severidad de las enfermedades virales en los ciclos de cultivo O-I 2021-2022 y 2022-2023. Campo Experimental Chetumal.

prácticamente hasta realizar el primer corte, de tal manera, que los híbridos de chile jalapeño y otros componentes tecnológicos de la parcela expresaron un potencial aceptable o el esperado para estas condiciones de manejo, ya que el promedio acumulado de dos cosechas efectuadas superaron las 30 t ha^{-1} y sin diferencias estadísticas entre ellos.Este escenario muy particular hace pensar que, incluir otras mejoras tecnológicas como acolchar o protección física, sólo incrementan los costos de cultivo, ya que el manejo convencional produce estadísticamente lo mismo. Al respecto, García y Góngora (2023) y (2024),

reportan que el acolchado plástico incrementó en 40 % los costos, pero mantiene positiva la relación B/C (1.85), sin embargo, la protección física elevó los costos a 86 % y comprometió la rentabilidad del cultivo.
Para el segundo año de validación, bajo mismo escenario (componentes tecnológicos, período y manejo), el comportamiento de este binomio cambio radicalmente y, de un desarrollo lento de la incidencia y tasa de incremento porcentual de la virosis, se presentó altamente infectivo y rápida dispersión en la fase más vulnerable del cultivo a la severidad de estas enfermedades, tal y como se describe en el apartado de la incidencia de la virosis. En la Figura 2 es posible apreciar como la capacidad productiva del chile fue significativamente diferente entre años de validación, pero más llamativo en el manejo convencional que redujo en 94 % su rendimiento (31.74 vs 1.95 t ha^{-1}); por lo tanto, pérdida total de la inversión realizada. Aquí conviene reflexionar la capacidad del binomio mosca-virosis para terminar, en cinco semanas de trasplantado, el potencial productivo de un cultivo, la inversión y expectativas del productor. Estos resultados generados por las parcelas permiten corroborar porque, el ciclo de cultivo otoño-invierno ha permanecido, por décadas, subutilizado y desaprovechado ante las ventanas de oportunidad que ofrece para competir en los mercados mejor pagados de este picante en nuestro país. Sin embargo, la misma Figura 2 permite notar, por un lado, lo sucedido al manejo convencional, ya que no es posible predecir la efectividad del vector y la severidad de estas virosis, por otro lado, la funcionalidad de la protección física que, sin importar, si el insecto-vector actúa como plaga (año 1 de validación) o como vector (año 2 de validación), permitió que el cultivo de chile jalapeño obtuviera un rendimiento promedio en los dos años de validación superior a las 20 t ha^{-1}. También es importante marcar que el acolchado logró evadir moderadamente
al binomio y en el año más complicado fue, con las reservas del caso, mejor que el manejo convencional. La tecnología de la protección física con telas de polipropileno esta muy documentada y ofrece garantía de llegar a una producción aceptable independientemente de los riesgos que representa el binomio mosca - virosis para este y otros cultivos de alto valor económico para cubrir los costos que involucra su aplicación.

Conclusiones

Los resultados productivos y de calidad obtenidos en la siembra chile jalapeño bajo las condiciones y componentes tecnológicos validados durante dos años en el ciclo agrícola otoño-invierno de Quintana Roo, dan certeza y seguridad para enfrentar el impredecible y más adverso escenario que el binomio mosca-virosis, en un periodo muy corto, corroboró y demostró que puede acabar con el potencial productivo de este picante.
La protección física del cultivo de chile jalapeño se perfiló, por ahora y hasta que no se tengan otras alternativas para garantizar un potencial productivo aceptable y competitivo, como el aliado más confiable y seguro para los productores y empresarios que decidan sembrar este cultivo bajo las condiciones y retos fitosanitarios que guarda este ciclo agrícola en la entidad.

Agradecimientos y fuente financiadora

La información fue generada en el proyecto “Estrategia integral e innovación tecnológica para impulsar la productividad de la cadena de valor del chile jalapeño en Quintana Roo” financiado por el gobierno del estado de Quintana Roo bajo la modalidad de Fondos Mixtos del CONAHCYT

Referencias bibliográficas

De Santiago M J., Frías T. G. A., Aguirre U. L. A. y Flores O. A. 2025. Estimación de las pérdidas provocadas por *potato virus Y* en el cultivo de la papa en Coahuila. Revista Mexicana de Fitopatología 43 (1):48. http//doi.org/10.18781/R. MEX. FIT. 2404-2.

García S. J. A. y Góngora P. R. D. 2023. Validación productiva de tres híbridos de chile jalapeño con acolchado y riego por goteo en siembras de otoño-invierno en Quintana Roo. Memorias de la Reunión Nacional Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

García S. J. A. y Góngora P. R. D. 2024. Validación de la protección física de plagas en chile jalapeño bajo riego, uso de híbridos y siembras de otoño-invierno en Quintana Roo. Memorias de la Reunión Nacional Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

SIAP, 2017. http://www.siap.gob.mx/ (consultado el 6 junio de 2025).

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS PREEMERGENTES PARA EL CONTROL EFICAZ DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ

José Luis Arispe-Vazquez[1], Jose Francisco Díaz-Nájera[2], Sergio Ayvar-Serna[2], Antonio Mena-Bahena[2], Susana Elizabeth Ramírez-Sánchez[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Iguala; [2]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero; [3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental-Centro Altos de Jalisco.
*Autor para correspondencia: arispe.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fitotoxicidad, selectividad, malezas.

Resumen
El diseño experimental usado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Para simular incidencia de malezas, se sembraron 20 semillas de sorgo híbrido 85P20 (gramínea), 25 semillas de ajonjolí genotipo Tlapehuala y 10 semillas de frijol negro genotipo Coacoyula (malezas de hoja ancha). La aplicación de los herbicidas (15 tratamientos en total) se realizó una sola vez, inmediatamente después de la siembra. Se hizo un ANOVA y una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) usando el software SAS. Los tratamientos testigo presentaron la mayor incidencia de malezas, con un aumento progresivo a lo largo del tiempo, pasando de 39.25 a 42 malezas por unidad experimental entre la primera y la octava evaluación. Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con herbicidas, el producto Zidua®, en sus distintas dosis, mostró el mejor desempeño, logrando reducciones en la incidencia de malezas entre el 98.8 % y el 100 % en comparación con los tratamientos testigo, en ambos experimentos. Estos resultados sugieren que su uso puede ser una herramienta valiosa para los productores que buscan una solución altamente efectiva y consistente para el manejo de malezas en maíz desde etapas tempranas del cultivo.

Introducción

La presencia de malezas en el cultivo de maíz representa un desafío constante para lograr una producción eficiente y competitiva. A lo largo del tiempo, los agricultores han utilizado diversos métodos para su control, entre ellos las prácticas culturales y mecánicas. No obstante, estos enfoques contemplan mucha mano de obra y costos elevados, lo que limita su aplicación en sistemas agrícolas de gran escala. Ante este panorama, el control químico ha cobrado relevancia como una alternativa práctica y económica, especialmente por su capacidad para cubrir extensas áreas de cultivo con mayor rapidez. En particular, el uso de herbicidas preemergentes se ha vuelto una estrategia habitual entre los productores, al ofrecer un control oportuno de malezas durante las primeras etapas del desarrollo del maíz. Aun así, su efectividad no solo depende del producto, sino también de una correcta aplicación, que incluye el uso de dosis adecuadas, el momento oportuno y una buena calibración del equipo.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en la localidad de Coacoyula de Álvarez, municipio de Iguala de la Independencia, Guerrero Cuadro 1. Factores y tratamientos de estudio. El material usado en este estudio fue el híbrido de maíz A7573®, Se evaluaron cuatro herbicidas preemergentes selectivos comerciales en tres diferentes dosis, además del control (Cuadro 1). El estudio se llevó a cabo utilizando un diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. El experimento fue replicado en dos ocasiones independientes, lo que resultó en un total de 60 unidades experimentales por repetición. Cada unidad consistió en una bolsa de polietileno negra de 27 × 37 cm, llenada con 5.5 kg de sustrato y sembrada con una planta. Para asegurar un adecuado drenaje del agua de riego, se perforaron cuatro orificios en la base de cada bolsa.
Aplicación de los herbicidas evaluados como tratamientos. Las dosis de cada producto comercial se midieron con jeringas de 100 unidades (Cuadro 2) y luego se disolvieron en 500 mL de agua, asegurando una mezcla homogénea y precisa para su aplicación.

Cuadro 1. Ingredientes activos, formulaciones comerciales y dosis aplicadas de los herbicidas usados

N° Trat.	Ingrediente activo	Dosis•ha^{-1}
2	Atrazina (90 %)	4 L
3	Dimetenamida-p (55.04 %) + saflufenacil (6.24 %)	750 mL
4	Isoxaflutole (19 %) + thiencarbazone metil (7.60 %)	200 mL
5	Piroxasulfona (85 %) + saflufenacil (70 %)	300 mL
6	-----	-----
7	Atrazina (90 %)	5 L
8	Dimetenamida-p (55.04 %) + saflufenacil (6.24 %)	1,000 mL
9	Isoxaflutole (19 %) + thiencarbazone metil (7.60 %)	300 mL
10	Piroxasulfona (85 %) + saflufenacil (70 %)	350 mL
11	-----	-----
12	Atrazina (90 %)	6 L
13	Dimetenamida-p (55.04 %) + saflufenacil (6.24 %)	1,250 mL
14	Isoxaflutole (19 %) + thiencarbazone metil (7.60 %)	400 mL
15	Piroxasulfona (85 %) + saflufenacil (70 %)	400 mL

Cuadro 2. Herbicidas preemergentes evaluados y sus respectivas dosis aplicadas en el experimento

Tratamiento	No. Trat.	Dosis 1 (mL•500 mL^{-1})	No. Trat.	Dosis 2 (mL•500 mL^{-1})	No. Trat.	Dosis 3 (mL•500 mL^{-1})
Testigo	1	---	6	---	11	---
Gesaprim® Combi 500 FW	2	8	7	10	12	12
Integrity®	3	1.5	8	2	13	2.5
Adengo®	4	0.4	9	0.6	14	0.8
Zidua®	5	0.6	10	0.7	15	0.8

Evaluación

Porcentaje de efectividad de los tratamientos. Se estimó el % de efectividad de los tratamientos con la fórmula modificada de Abbot (1925):

$$ET = (ST - st)/ST \; x \; 100$$

Dónde: ET= Eficacia del tratamiento. ST= Porcentaje de incidencia en el testigo. st= Porcentaje de incidencia en el tratamiento con herbicida.

Análisis de datos. A los datos obtenidos se les realizó un ANOVA y la prueba de comparación de medias Tukey (α=0.05) con el programa estadístico SAS (2015).

Resultados y discusión

Los tratamientos testigo (T1, T6 y T11) presentaron la mayor incidencia de malezas, la cual mostró un incremento progresivo a lo largo de las evaluaciones. La incidencia aumentó de 39.25 en la primera evaluación a 42 en la octava. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con herbicidas; sin embargo, las dosis del herbicida Zidua® registraron la menor cantidad de malezas, con reducciones en la incidencia que oscilaron entre 98.8 y 100% en comparación con los controles en ambos experimentos (Cuadro 3). En un estudio realizado por Mobli *et al*. (2023) sobre programas de control químico de malezas en el cultivo de maíz, se observó que la combinación de los ingredientes activos diflufenzopir y piroxasulfona logró un control superior al 90 % a lo largo de toda la temporada de crecimiento. Este nivel de eficacia es comparable al alcanzado por el herbicida comercial Zidua®, que combina piroxasulfona con saflufenacil, y cuya efectividad también se mantuvo consistentemente por encima del 90 % durante el transcurso del experimento.

Cuadro 3. Dinámica del número de malezas registradas en los distintos tratamientos en el experimento

Trat.	Evaluaciones							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	39.25 ab	39.75 a	39.75 ab	39.75 ab	39.75 ab	40.75 ab	420 ab	420 ab
2	26.50 c	7.75 b	5.50 c	5.75 c	4.50 c	5 0 c	6.25 c	7.75 cd
3	0.75 d	1.25 b	1.50 c	1.50 c	1.75 c	1.75 c	20 c	2.25 cd
4	14.75 c	4.25 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0.50 c	1.25 cd
5	2.25 d	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0.50 d
6	28.75 abc	30.25 a	28.75 c	28.75 b	30 b	31.50 b	32.25 b	33.25 b
7	23.25 c	10.50 b	8.25 c	8.75 c	8.75 c	8.50 c	10.25 c	11.75 c
8	0 c	0 b	00 c	0.25 c	0.25 c	0 c	0.50 c	10 cd
9	20.50 c	5.75 b	0.50 c	0 c	0 c	0 c	0 c	10 cd
10	0.50 d	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c
11	440 a	440 a	440 a	440 a	440 a	45.25 a	46.25 a	45.50 a
12	29 abc	10 b	70 c	7.50 c	6.50 c	70 c	9.25 c	10.75 cd
13	0 d	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0.25 c	1.75 cd
14	4.25 d	3.50 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	10 cd
15	0 d	0 b	0 c	0 c	0 c	0 c	0 c	0 d

Trat.= Tratamiento. T1= Testigo, T2= Gesaprim® Combi 500 FW (4 L•ha^{-1}), T3= Integrity® (750 mL•ha^{-1}), T4= Adengo® (200 mL•ha^{-1}), T5= Zidua® (300 mL•ha^{-1}), T6= Testigo, T7= Gesaprim® Combi 500 FW (5 L•ha^{-1}), T8= Integrity® (1,000 mL•ha^{-1}), T9= Adengo® (300 mL•ha^{-1}), T10= Zidua® (350 mL•ha^{-1}), T11= Testigo, T12= Gesaprim® Combi 500 FW (6 L•ha^{-1}), T13= Integrity® (1,250 mL•ha^{-1}), T14= Adengo® (400 mL•ha^{-1}), T15= Zidua® (400 mL•ha^{-1}). Nota: Las medias con la misma letra dentro de la columna por tratamiento no son estadísticamente diferentes (Tukey α≤ 0.05).

Conclusiones

Los resultados de este estudio demostraron que las dosis baja, media y alta de los herbicidas Gesaprim® Combi 500 FW, Integrity®, Adengo® y Zidua® ofrecieron niveles de efectividad del 80 al 100 % en el control de malezas. Aunque no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con herbicidas, el producto Zidua®, en sus distintas dosis, mostró el mejor desempeño, logrando reducciones en la incidencia de malezas entre el 98.8 % y el 100 % en comparación con los tratamientos testigo, en ambos experimentos. Estos resultados sugieren que su uso puede ser una herramienta valiosa para los productores que buscan una solución altamente efectiva y consistente para el manejo de malezas en maíz desde etapas tempranas del cultivo.

Referencias bibliográficas

Mobli, A., DeWerff, R. *et al*., (2023). Evaluation of two-pass herbicide programs for broad-spectrum weed control in conventional tillage non-transgenic corn production in Wisconsin atrazine prohibition areas. *Agrosystems, Geosciences & Environment, 6(4).* http://dx.doi.org/10.1002/agg2.20419

INOCULACIÓN DE SEMILLA DE ARROZ CON *Trichoderma* sp. Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLANTA

Aracely Martínez-Bautista[1], Marianguadalupe Hernández-Arenas[2*], Petra Andrade-Hoyos[2], Edwin Javier Barrios-Gómez[2]

[1]Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas, [2]INIFAP, CE Zacatepec
*Autor para correspondencia: hernandez.marian@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Oryza sativa*, *Trichoderma* sp., antagonista, estimulante.

Introducción

En Mexico se ha reportado que una de las principales limitantes para la producción de arroz es la enfermedad conocida como manchado del grano, la cual disminuye la calidad y el peso de granos, así como aumenta la esterilidad en panículas, lo que reduce el porcentaje de germinación. Esta enfermedad es causada por un complejo de más de quince especies de hongos pertenecientes a los géneros *Rhizoctonia*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Curvularia* y *Pyricularia* (Sandoval-Martínez *et al*., 2022).
El tratamiento convencional de semilla de arroz incluye el uso de fungicidas de contacto y sistémicos como el benomilo. Una alternativa para el control de enfermedades sin afectar al ambiente y que aumente el rendimiento y la calidad de los cultivos es el uso de microorganismos benéficos antagonistas. Diversos autores reportaron al género *Trichoderma* como agente de control biológico, además de promover el crecimiento vegetal y mayor resistencia contra fitopatógenos (Shida *et al*., 2020).
En el estado de Morelos se han obtenido las cepas nativas de *Trichoderma* TC2 y TC3 con buen resultado para el control de fitopatógenos como *Fusarium* sp, por lo que se propone su evaluación como tratamiento biológico en semilla de arroz y estudiar su efecto como estimulante del crecimiento.

Objetivo

Evaluar el efecto del tratamiento de semilla con *Trichoderma* sp. sobre la germinación y crecimiento vegetal en dos genotipos de arroz.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP) Campo Experimental Zacatepec ubicado en la Ciudad de Zacatepec, Morelos, México. Se utilizaron las variedades Morelos A-98 y Morelos A-2010 cosechadas en el año 2024. Con el propósito de medir la germinación en los genotipos, fueron separadas las semillas de cada genotipo con síntomas de manchado de grano y semilla asintomática o aparentemente sana para aplicar los tratamientos de fungicida químico Benomilo® (1g/L agua), *Trichoderma* sp. cepas TC2 y TC3 y el testigo con agua estéril. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 25 semillas por repetición, en arreglo factorial 2x6, donde el factor uno fueron las variedades con dos niveles y el factor dos fueron los tratamientos de semilla con seis niveles incluyendo el testigo con agua (Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores y tratamientos de estudio en semillas de arroz.

Factor 1: Variedades (V)	Factor 2: Tratamiento (T)
V1: Morelos A-98	T1: Semilla sana + agua estéril T2: Semilla manchada + agua estéril T3: Semilla sana + Benomilo® (1 g/L agua) T4: Semilla manchada + Benomilo® (1 g/L agua) T5: semilla sana + *Trichoderma* TC2-TC3 T6 semilla manchada + Trichoderma TC2-TC3
V2: Morelos A-2010	T1: Semilla sana + agua estéril T2: Semilla manchada + agua estéril T3: Semilla sana + Benomilo® (1 g/L agua) T4: Semilla manchada + Benomilo® (1 g/L agua) T5: semilla sana + *Trichoderma* TC2-TC3 T6 semilla manchada + Trichoderma TC2-TC3

El tratamiento de semilla se realizó mediante inmersión en cada solución durante 30 min, posteriormente, las semillas se colocaron en rollos de papel humedecidos con agua estéril y colocados en bolsas de plástico Ziploc y se mantuvieron en incubación a ± 25°C en condiciones de laboratorio. Fue necesario humedecer diariamente los rollos de papel. Se registró el porcentaje de germinación, se midieron la longitud de raíz y la altura de planta cada 48 h durante 15 días. Se realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey (P ≤ 5%) con el paquete estadístico SAS versión 9.4.

Resultados y discusión

Los resultados indicaron que hubo diferencias significativas entre variedades y tratamientos (Figura 1A), el T3 correspondiente a la semilla sana con Benomilo®, presentó el mayor porcentaje de germinación, mientras que en el T2 de semilla manchada con agua estéril, tuvo el porcentaje de germinación más pobre, debido a la presencia de síntomas de manchado de grano ocasionadas por fitopatógenos (manchas o puntos de coloración café), los cuales disminuyen el porcentaje de germinación (Verma *et al*., 2018). En cuanto al porcentaje de germinación de los genotipos evaluados, no se observaron diferencias significativas en la combinación variedad x tratamiento (Figura 1B), ambos genotipos proporcionaron semillas germinadas >88% (Figura 2B). No obstante, en ambos genotipos, la presencia de grano manchado provocó la menor tasa de germinación, aún con el tratamiento de *Trichoderma* sp. o Benomilo®.

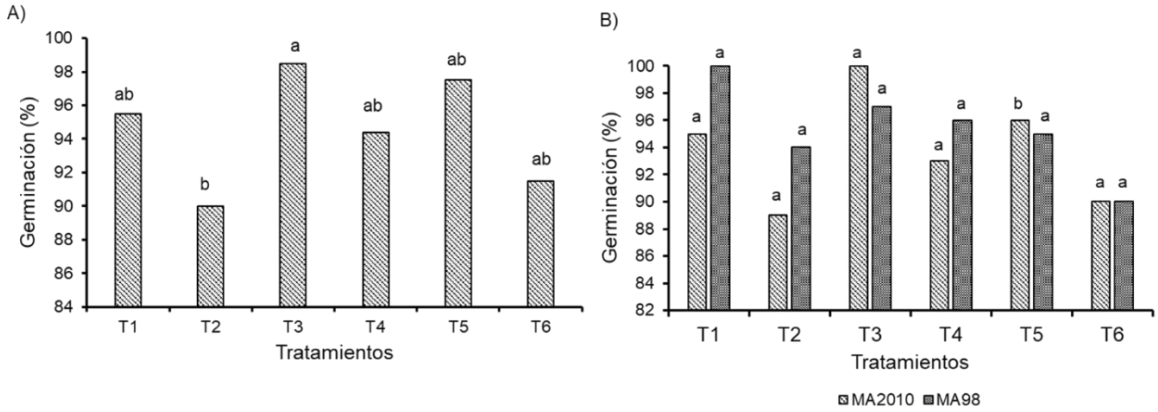


Figura 1. Efecto de los tratamientos en la germinación (A) y respuesta de los genotipos de arroz con tratamiento de semilla (B). Prueba de Tukey (P ≤ 5), medias con letras iguales no difieren significativamente.

De acuerdo, al Cuadro 2, los tratamientos mostraron diferencias significativas en las variables longitud de raíz (cm) y altura de plántula (cm). La combinación del tratamiento T3 (semilla sana + fungicida) obtuvo mayor longitud de raíz y altura de planta y de forma similar el T5 (semilla sana + *Trichoderma*).

En cuanto a la respuesta de las variedades con los tratamientos de semilla no se observaron diferencias significativas (Figura 2A), no obstante, se detectó una mejor respuesta en cuanto a la longitud de raíz en la variedad Morelos A-2010 con los tratamientos a base de Benomilo® (T3 y T4), mientras que la Morelos A-98 con el tratamiento a base de *Trichoderma*. Por otro lado, en cuanto a altura de plántula de las variedades, no se observaron diferencias significativas, excepto que en las semillas con tratamiento tanto químico como biológico con *Trichoderma* tuvieron una mejor respuesta (Figura 2B).

El comportamiento observado en este trabajo coincide con lo mencionado por Bacusoy-Sanchez y Fienco-Bacusoy (2023) quienes observaron una mejor germinación, área foliar, macollos y productividad por efecto de la aplicación de cepas de *Trichoderma* sp., por lo que lo consideran agente precursor y estimulante del crecimiento en la producción de arroz.

Cuadro 2. Longitud de raíz (cm) y altura de plántula (cm) influenciada por los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Longitud de raíz (cm)	Altura de Plántula (cm)
T1	6.1bc*	7.3c
T2	5.5c	6.7c
T3	8.7a	9.7a
T4	7.4ab	7.8bc
T5	7.9ab	10.2a
T6	7.8ab	9.1ab

*Prueba de Tukey (P=0.05), medias con letras iguales no difieren significativamente.

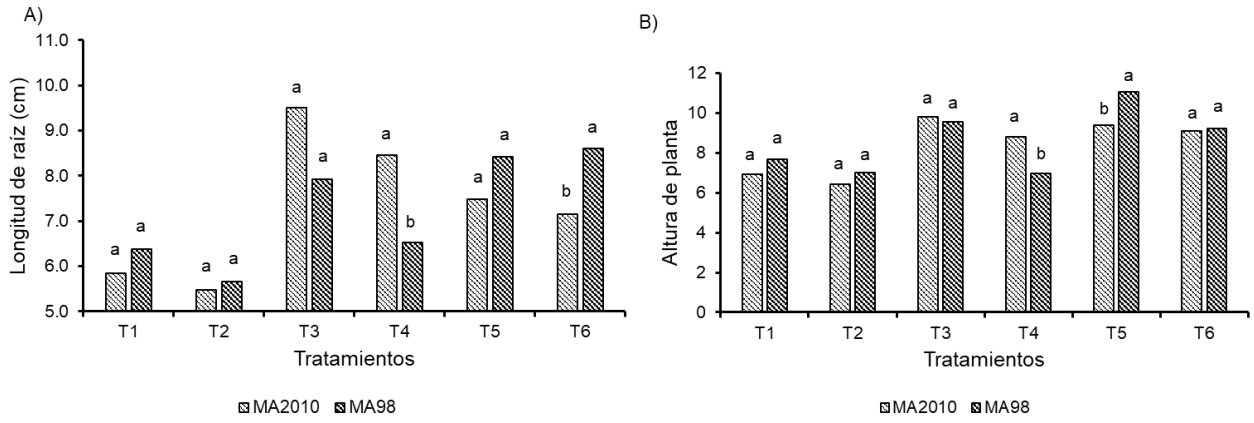


Figura 2. Crecimiento vegetal. Efecto de los tratamientos en la altura de planta (A) y efecto de los genotipos de arroz en la altura de planta (B). Prueba de Tukey (P=0.05), medias con letras iguales no difieren significativamente.

Conclusiones

El tratamiento sanitario químico y biológico de la semilla de arroz mejora la germinación de las plántulas. La mezcla de las cepas TC2 y TC3 del hongo *Trichoderma* sp., tienen efecto positivo al incrementar el porcentaje de germinación, la altura y longitud de raíz de plántula, por lo que debe evaluarse en el ciclo completo del cultivo.

Referencias bibliográficas

Verma, S. K., Kathryn, L. K., Bergen, M. S., Kowalski, K. P. and White J. F. 2018. "Fungal disease prevention in seedlings of rice (*Oryza sativa*) and other grasses by growth-promoting seed-sssociated endophytic bacteria from invasive phragmites australis". Microorganisms, 6 (21):1-13.

Sandoval-Martínez, I. E., M. Osnaya-González, L. Soto-Rojas y C. Nava-Díaz. 2022. Hongos asociados al manchado del grano del arroz: una revisión. Revista Fitotecnia Mexicana, 45:509-517.

Shida, J., Zhihua, L., Bin, L., Yucheng, W., and Jinjie, W. 2020. The effect of *Trichoderma* biofertilizer on the quality of flowering Chinese cabbage and the soil environment. Scientia Horticulturae, 262(1): 109069

Bacusoy-Sánchez, J. E., y Fienco-Bacusoy, A. R. (2023). *Trichoderma harzianum* como biofertilizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) para una producción ecosostenible. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(1), 9762-9776.

MONITOREO DE LA HUMEDAD DEL GRANO DE CAFÉ POR MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN UN PROCESO DE BENEFICIADO NATURAL

Luis Eduardo García Mayoral[1]*, Juan Quintanar Olguin[2], Jaqueline Roque Candelaria[3]

[1]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, CIR-Pacifico Sur, INIFAP, [2]Campo Experimental San Martinito, CIR-Golfo Centro, [3]Técnico agroecológico en café del programa Producción para el Bienestar, INIFAP.
*Autor para correspondencia: garcia.eduardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Café natural, secado, tiempo.

Introducción

Actualmente el consumo de café, ha tenido un aumento considerable a nivel país, principalmente debido a sus ventajas percibidas para la salud, asimismo los cafés de alta calidad o con procesos de beneficiado relativamente nuevos han generado una demanda que va en aumento, por lo que, los productores y la industria busca constantemente formas de mejorar la calidad y persistencia de ésta. La calidad del café y su percepción sensorial están influenciadas directa e indirectamente por una infinidad de factores, entre ellos, la variedad cultivada, las condiciones ambientales del lugar de origen, características del suelo, factores tecnológicos: prácticas de manejo agronómico, tecnologías poscosecha, métodos de fermentación y secado y hasta la preparación final de la bebida. Cada uno de estos factores juega un papel crucial, que al modificarse pueden favorecer o deteriorar las características sensoriales de la bebida final (Silva *et al*., 2024).

En los cafés naturales, llamados así por su tipo de beneficiado (vía seca) donde no se utiliza agua además de no eliminarse la pulpa de café, el proceso de secado es más lento y complicado en comparación al beneficiado tradicional (cafés lavados), principalmente en condiciones ambientales de alta humedad (días lluviosos o con neblina). Este tipo de beneficiado genera sabores dulces y afrutados en taza pues el grano al secarse junto con la pulpa absorbe los azúcares del fruto, por lo que detener el secado en su punto óptimo es crucial para conservar estas notas.

El método de procesamiento después de la cosecha es uno de los factores determinantes para preservar las características físicas y sensoriales del grano, siendo el proceso de secado quien juega un papel fundamental en la determinación de la calidad final y el sabor de los granos de café (Huamán *et al*., 2024). El secado se realiza con el fin de reducir la humedad del café pergamino lavado, que presenta niveles altos de humedad, del orden del 53% en base húmeda. Durante el secado, se elimina la humedad del grano para reducir la actividad microbiana y mantener estable la fisiología del grano de café verde. De esta forma se evitan alteraciones en la inocuidad y deterioro de los atributos de calidad del café. Los niveles de humedad adecuados para facilitar el almacenamiento, la comercialización y hasta el consumo se encuentran entre 10 y 12% en base húmeda (Peñuela *et al*., 2023).

El proceso de secado implica reducir el contenido de humedad de los granos de café a un nivel óptimo que conserve los sabores, aromas y composición química deseados. Las condiciones de secado adecuadas son esenciales para garantizar el desarrollo de compuestos químicos deseables y al mismo tiempo prevenir el crecimiento de microorganismos indeseables. Las variaciones en las condiciones de secado pueden provocar una calidad inconsistente del café y afectar el sabor, el aroma y el perfil general de la taza (Jakkaew *et al*., 2024).

Objetivo

Este trabajo tuvo como finalidad comparar dos métodos para estimar la humedad del grano café en cafés naturales (beneficiado vía seca), que permita obtener información cuantitativa, económica y de fácil uso para los productores de café.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la localidad de Llano Grande, municipio de Santa María Yucuhiti, en la región Mixteca en el estado de Oaxaca. Se evaluaron dos muestras de café provenientes de la parcela del productor Elpidio García Vásquez, con las variedades Bourbon y Typica, cosechadas el 8 y 16 de febrero de 2024.

Una vez cortado el café cereza se fermentó durante 72 horas en bolsa de plástico hasta alcanzar un pH= 4, posteriormente se realizó el secado, en donde se monitoreo la perdida de la humedad del grano, mediante dos métodos: gravimétrico y por conductividad eléctrica, el primero consistió en el monitoreo de la pérdida de peso de una muestra conocida (200 gr de café húmedo) usando una báscula de precisión con sensibilidad de 0.2 g, el segundo método se realizó con un medidor de humedad de granos marca Draminski TwistGrain pro.

Se compararon dos métodos de secado: secado tradicional en zarandas bajo malla sombra y en un secador solar de café tipo cenital con estructura a base de madera, cubierta en la parte superior y lateral con plástico de uso agrícola. Para ambos procesos de secado, los dos primeros días se realizó una exposición a pleno sol del café cereza para acelerar el proceso de secado y evitar la proliferación de hongos, posteriormente se monitoreo el peso de la muestra una vez al día hasta el día 15 del secado, después se monitoreó tres veces al día (mañana, medio día y tarde) hasta alcanzar una humedad inferior al 12%. Asimismo, se monitorearon las condiciones medioambientales (temperatura y humedad relativa) con la ayuda de dos dattalogger marca Elitech RC-4HC programados para tomar datos cada 20 min, colocados dentro y fuera del secador solar.

Resultados y discusión

El tiempo de secado para alcanzar una humedad menor al 12 % en las muestras de café fue de 30 días. Se obtuvo una humedad final promedio del grano de 11.2 % para el secado solar y de 11.8 % para el secado en zarandas, promedios aceptables para almacenar el producto y que permita la preservación de su calidad y estabilidad. En el Cuadro 1 se puede observar la pérdida de peso por evaporación del agua.

Cuadro1. Pesos y porcentaje de humedad a lo largo del ciclo de secado de un café natural.

Fecha	Días de secado	Hora (24 h)	Zaranda bajo sombra		Secador solar	
			Peso de la muestra (g)	Humedad del grano (%)	Peso de la muestra (g)	Humedad del grano (%)
18/02/2024	1	15:41	200.0	48.4	200.0	48.4
19/02/2024	2	18:27	152.1	38.2	150.4	38.0
20/02/2024	3	17:03	130.0	24.5	132.1	25.1
21/02/2024	4	18:43	112.9	23.2	108.4	24.2
22/02/2024	5	17:11	105.4	21.8	99.6	20.3
23/02/2024	6	18:11	102.0	20.1	94.0	21.6
24/02/2024	7	16:22	95.8	18.6	88.8	18.2
25/02/2024	8	17:00	91.0	17.9	85.0	17.8
26/02/2024	9	18:55	89.6	17.6	82.0	17.0
27/02/2024	10	16:40	85.2	17.0	78.6	16.0
28/02/2024	11	17:50	83.6	16.8	78.2	16.0
29/02/2024	12	18:40	81.4	16.3	78.0	15.9
01/03/2024	13	16:43	76.8	16.0	78.2	15.9
02/03/2024	14	17:20	76.6	15.6	77.8	15.8
03/03/2024	15	16:40	77.0	16.0	76.0	15.5
04/03/2024	16	17:17	74.8	15.4	74.6	15.2
05/03/2024	17	16:46	73.8	15.2	73.8	15.0
06/03/2024	18	18:12	72.8	15.0	73.4	14.9
07/03/2024	19	18:25	72.2	14.8	72.0	14.5
08/03/2024	20	16:53	71.4	14.4	70.6	14.0
09/03/2024	21	19:31	71.8	14.4	71.0	14.1
10/03/2024	22	17:47	71.0	14.2	70.0	14.0
11/03/2024	23	18:05	71.4	14.0	71.4	14.0
12/03/2024	24	07:45	72.0	14.1	73.4	14.3
13/03/2024	25	17:00	70.2	13.9	69.4	13.6
14/03/2024	26	16:50	70.2	13.7	70.2	13.5
15/03/2024	27	17:15	70.0	13.5	69.2	13.1
16/03/2024	28	14:52	69.8	13.2	69.2	12.6
17/03/2024	29	15:33	69.0	12.8	68.6	11.9
18/03/2024	30	18:06	**70.0**	**11.8**	**68.2**	**11.2**

Las variables climatológicas registradas mostraron un comportamiento general de condiciones más secas y con temperaturas superiores dentro del secador solar (Figura 1), en promedio a lo largo de los 30 días de secado registró un grado más de temperatura y 2.32 % menos humedad relativa que al exterior. Lo cual representó una diferencia final en el peso del grano de alrededor de 1 gr en la muestra, lo que coincide en la confiabilidad con Jurado *et al.,* 2009 y no representa una diferencia considerable en tiempos de secado, ya que ambos fueron similares (30 días).

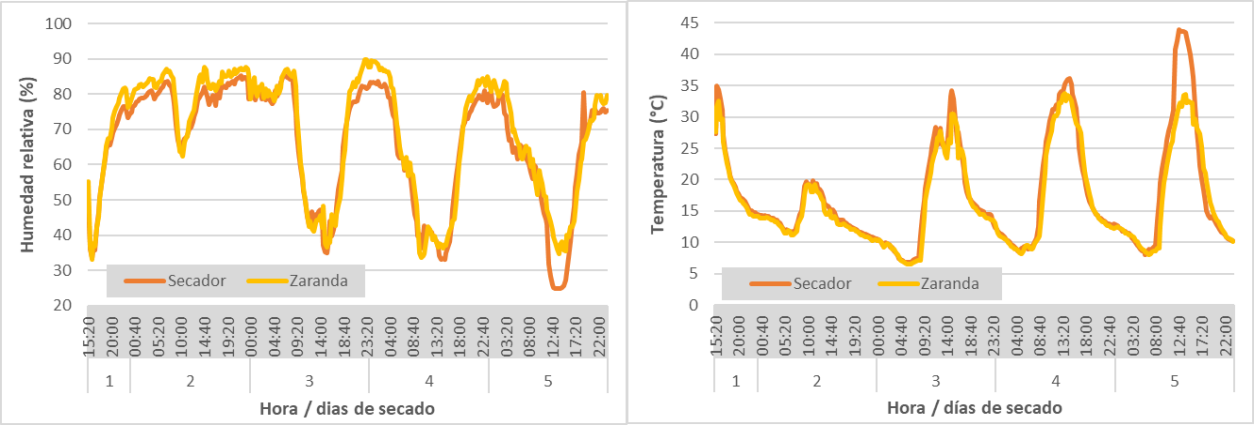


Figura 1. Comportamiento de la temperatura y humedad relativa en el secador y la zaranda.

El análisis sensorial reveló que la bebida final alcanzó un puntaje de 85.75 para el secado solar y de 85.00 para el secado en zarandas, con ambos métodos de secado, se obtuvieron puntajes finales por arriba de 85, que los clasifica como Excelente – Calidad de especialidad. Ambos puntajes, son superiores a los 84.25 puntos de calidad sensorial reportados por Huamán *et al*. (2024) para para café lavado, secado en un secador solar tipo invernadero con extractor de aire y calentadores solares.

Conclusiones

El método gravimétrico representa una alternativa cuantitativa, económica y segura para los productores, sin embargo, se debe continuar evaluando este método en otras condiciones ambientales. El uso de un secador solar en un proceso de grano de café natural, obtuvo un perfil sensorial de 85.75 puntos, superior en 0.75 puntos al secado en zaranda, bajo las mismas condiciones de producción y procesamiento en el área cafetalera de la Mixteca Oaxaqueña.

Referencias bibliográficas

Huamán M., M. de J., Mejía G. S. M., Murillo B. A. M., Ponce R. F. C. y Fuentes M. M. J. 2024. Physical and sensory quality of coffee dried in three prototypes of greenhouse solar dryers. Revista de la Facultad de Agronomía – LUZ 41(2):e244112

Jakkaew P., Yingchutrakul Y. and Aunsri N. 2024. A data-driven approach to improve coffee drying: Combining environmental sensors and chemical analysis. PLoS ONE 19(2): e0296526. Doi: 10.1371/journal.pone.0296526

Jurado C. J. M.; Montoya R., E. C. Oliveros T. C. E.; Garcia A. J. 2009. Método para medir el contenido de humedad del café pergamino en el secado solar del café. Cenicafé, 60 (2): 135-147.

Peñuela M. A. E., Hower G. I. P., Guerrero A., Agudelo L. L. M., Betancourt R. H. and Martínez G. J. 2023. Physical, sensorial, and physicochemical characteristics of *Arabica coffee* dried under two solar brightness conditions. Processes 11, 3016. Doi: 10.3390/pr11103016

Silva L. C. F., Pereira P. V. R., Cruz M. A. D., Costa G. X. R., Rocha R. A. R., Bertarini P. L. L., Amaral L. R., Gomes M. S. and Santos L. D. 2024. Enhancing sensory quality of coffee: the impact of fermentation techniques on *Coffea arabica* cv. Catiguá MG2. Foods 13, 653. Doi: 10.3390/ foods13050653

LA INTERACCIÓN GENOTIPO – AMBIENTE DE MAÍZ EN EL VALLE DE TOLUCA

María Guadalupe Villa-Gómez[1], Alfredo Josué Gámez-Vázquez[2*], Miguel Angel Avila Perches[2], Salvador Montes-Hernández[2], Francisco Paúl Gámez Vázquez[2], Berenice Rodríguez Granados[2], Walter Manuel Zúñiga-Maldonado[3]

[1]TNM, Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, ITSS; [2]CEBAJ, CIRCE, INIFAP, investigadores en conservación, producción y tecnología de semillas y [3]ITSS, profesor investigador.
*Autor por correspondencia: gamez.josue@inifap.gob.mx

Palabras clave: Adaptabilidad, interdependencia, condiciones de humedad.

Introducción

El Valle de Toluca se ubica a una altitud de 2650 m, en esta región existen aproximadamente 121,921 ha con mediano y alto potencial de rendimiento para producir maíz (González *et al*., 1990). Las siembras son de tres tipos: a) de punta de riego, que abarcan 132,000 ha; b) las de temporal con mediano y alto potencial, 121,921 ha (SIACON, 2022) y c) las siembras de humedad residual. Los tres tipos de siembra se hacen a una profundidad de 15 a 20 cm, lo que exige a los genotipos un elevado vigor para germinar, emerger y mantener el crecimiento de plantas en tanto se establecen las precipitaciones, regularmente en el mes de mayo. Por lo anterior, las plantas se desarrollan en una amplia variedad de condiciones ambientales que los genotipos mejorados deben superar. Con esta problemática, se planteó identificar genotipos mejorados con buen potencial de rendimiento y adaptabilidad. a través de evaluar la adaptabilidad con el modelo GGE biplot (Yan y Kang, 2003) conocido también como SREG.

Materiales y métodos

La evaluación se realizó en Metepec (2,650 msnm), Estado de México, ubicada en el Valle de Toluca, donde se sembraron cuatro experimentos bajo condiciones de campo, los dos primeros se establecieron el 02 de abril de 2023 bajo condiciones de punta de riego (PR) y humedad residual (HR) y los restantes el 28 del mismo mes y año, bajo condiciones de temporal estricto (Temporal 1 y Temporal 2). los genotipos evaluados fueron: M43 (♀H_1), M44 (♂H_1), M43xM44 (CS♀H_1), (M43xM44)F_2 (CT1), (M43xM44)xM43 (CT2), (M43xM44)xM44 (CT3), M60 (♀H_2), M61(♂H_2), M60xM61 (CSH_2), (M60xM61)F_2 (CT4), (M60xM61)xM60 (CT5), (M60xM61)xM61 (CT6), H52, VS46, Criollo y Sintético Bajío. Con la fórmula de fertilización 140-70-30. Para el control de maleza se utilizaron 1.5 kg ha^{-1} de Picloram más Nicosulfurón a los 20 días después de la siembra (DDS), además a los 50 DDS se hizo un deshierbe manual. Para combatir el gusano cogollero se aplicó clorantraniliprol (50 mL ha^{-1}) y para el pulgón se utilizó dimextoxifosfoninotiolitio (1 L ha^{-1}) con imidacloprid (25 mL ha^{-1}). Las variables evaluadas fueron rendimiento de grano (13 % humedad), mazorcas sanas, podridas y número granos por hilera. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones por fecha. Los análisis estadísticos empleados fueron de: varianza por contrastes ortogonales para contrastar genotipos, de interacción genotipo – ambiente con el modelo SREG (Pacheco-Gil *et al*., 2015) y un análisis por factores para observar la interdependencia entre las variables evaluadas.

Resultados y discusión

Contrastes ortogonales. Se observaron diferencias para rendimiento en todos los contrastes ($P \leq 0.01$) excepto entre Cruzas Simples (CS), en mazorcas sanas también hubo diferencias ($P \leq 0.01$), excepto entre cruzas triples; en mazorcas podridas únicamente se observaron diferencias al comparar líneas hembras vs machos y en el número de granos por hilera, solo se observaron diferencias al contrastar líneas machos y el criollo vs Sintéticos (Cuadro 1).

Interacción Genotipo – ambiente. En la Figura 1, que explicó el 97.3 % de la varianza total del rendimiento, en las cuatro condiciones de humedad, lo cual es muy aceptable de acuerdo con Kroonenberg (1995), se observó que el mejor genotipo fue H52 al presentar los mayores rendimientos (10.9 t ha^{-1}) en las cuatro condiciones de humedad, seguido por las dos cruzas simples (9.1 t ha^{-1}), tres cruzas triples, el criollo de la región (7.7 t ha^{-1}), la variedad sintética VS46 (6.1 t ha^{-1}) y en seguida las líneas hembras de las cruzas simpes. Las fechas que favorecieron la interacción genotipo – ambiente fueron las de punta de riego (6.7 t ha^{-1}) y temporal (5.85 t ha^{-1}).

Cuadro 1. Contrastes ortogonales entre genotipos de maíz, en rendimiento y sus componentes.

Fuentes Variación	Cuadrados medios							
	Rendimiento		Mazorcas				Granos hilera	
			Sanas		Podridas			
CS♀H_1 *vs* CS♀H_2	324		1441	**	0.37		0.010	
Línea ♀H_1 *vs* Línea ♀H_2	30399755	**	2926	**	0.66		0.006	
Línea ♂H_1 *vs* Línea ♂H_2	41191640	**	6435	**	0.04		0.046	**
Líneas ♀ *vs* Líneas ♂	63578938	**	2760	**	88.02	**	0.002	
Sintéticos *vs* Criollo	135125840	**	3444	**	0.88		0.080	**
C Triple *vs* C Simples	25728355	**	122		0.12		0.001	

CS: Cruzas simples; ♀ hembras; ♂: Machos; H1: híbrido 1 (M43 x M44); H2: Híbrido 2 (M60 x M61); GL: Grados de libertad; * y **: Diferencias estadísticas con P ≤ 0.01.

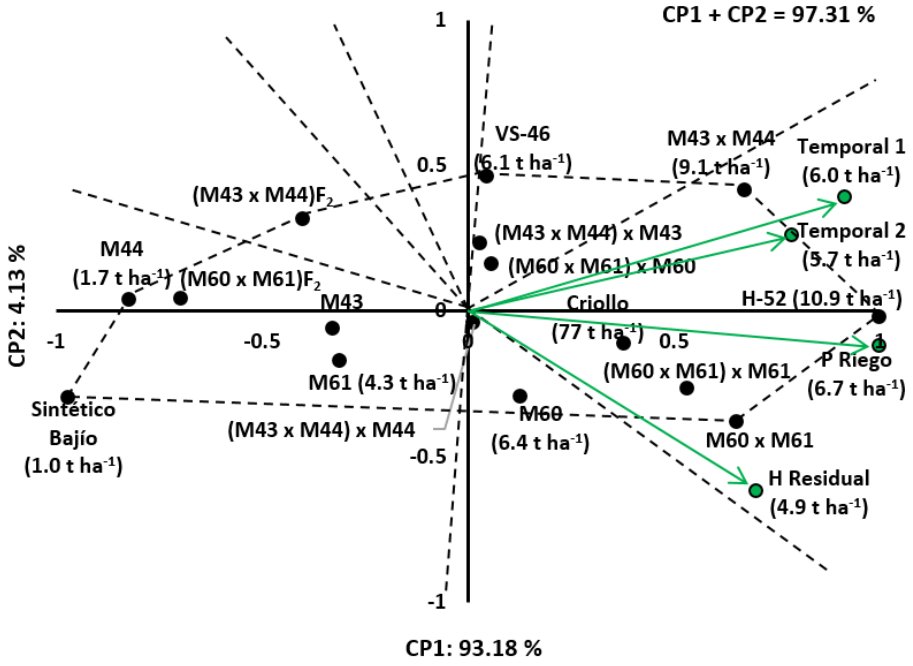


Figura 1. Análisis de la interacción genotipo – ambiente para el rendimiento de maíz de 16 genotipos evaluados en cuatro ambientes del Valle de Toluca, Estado de México, 2023.

Análisis por factores. Con este análisis la prueba de *Ji-cuadrada*, tuvo 15 grados de libertad, y su valor fue de 1729.54, la cual fue significativa estadísticamente (P ≤ 0.01); se cubrió el criterio de convergencia; es decir de soluciones inadmisibles y las diferencias entre el parámetro estimado y el valor de la muestra presentaron valores P≤ 0.05 en todos los casos, lo que justifica que este análisis, detectó interdependencia entre las variables evaluadas. En la Figura 2, se observó básicamente un patrón de respuesta, conformado por las variables ubicadas principalmente en el Cuadrante IV, donde el rendimiento mostró una interdependencia positiva y muy estrecha con el número de mazorcas sanas, el número de plantas y el número de granos por hilera. la variable de mazorcas podridas presentó mayor interdependencia con el número de granos por hilera.

Conclusiones

El mayor rendimiento y adaptabilidad fue con H52 (CT), seguido por las cruzas simples, las cruzas triples (CT, retrocruzas), el criollo, VS46 y las líneas hembras. La mejor condición de humedad fue con punta de riego, seguida por las de temporal. El rendimiento de grano presentó la mayor interdependencia con el número de mazorcas sanas y el de granos por hilera con el número de mazorcas podridas.

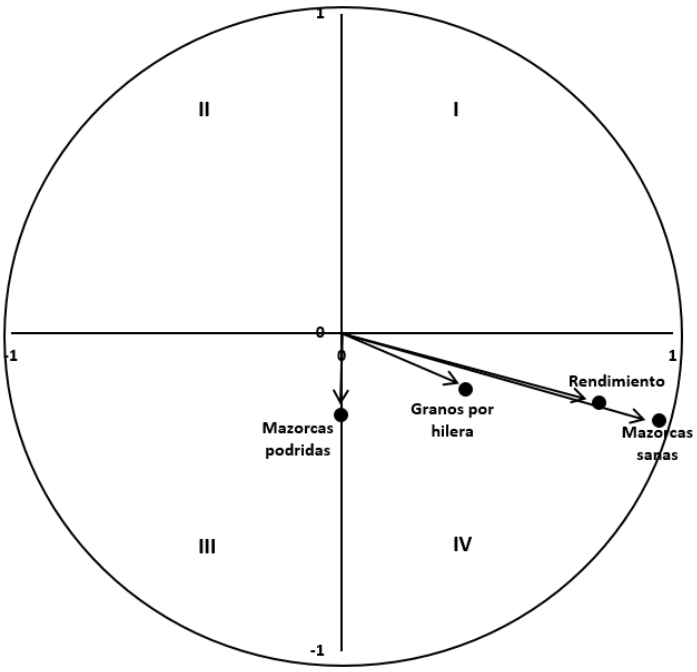


Figura 2. Análisis por factores de las variables evaluadas en maíz en el Valle de Toluca.

Referencias bibliográficas

González A, I.J., Turrent F.A. y Aveldaño S. R. (1990) Provincias agronómicas de las tierras de labor bajo temporal, en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. D.F. pp: 103

Kroonenberg, P. M. (1995) Introduction to biplots for GxE tables. Research report no. 51, Centre for Statistics, University of Queensland, Brisbane, Australia, 22 p

Pacheco-Gil, R.A., Vargas, M., Alvarado, G., Rodrıguez, F., Crossa, J., and Burgueño, J. (2015) GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Version 4.1. CIMMYT Research Data & Software Repository Network. Available online at: https://hdl.handle.net/11529/10203

SIACON, Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (2022) Información agrícola municipal 2016-2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Yan, W. and Kang M. S. (2003) GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC press: Boca Raton, Fl. 271 p.

DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DE *Agave angustifolia* HAW. EN ETAPA DE VIVERO

Lidia Velasco-Velasco[1*], Eréndira Esmeralda Hernández-Ándrade[2], Langen Corlay-Chee[3], Luis Antonio Hernández-Flores[1], Marco Antonio Sánchez-De Jesús[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Iguala, Estado de Guerrero, [2]Colegio de Postgraduados, Edafología, Montecillos, Estado de México, [3]Universidad autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, Estado de México.
*Autor para correspondencia: velasco.lidia@inifap.gob.mx

Palabras claves: piña, mezcal, propagación

Introducción

La producción de mezcal representa una actividad ancestral de gran relevancia económica, social y cultural en el municipio de Villa Sola de Vega, Oaxaca. Esta localidad forma parte de la denominada “región mezcalera”, la cual es reconocida por su tradición en la elaboración de destilados a base de agave(Espejel García *et al.,* 2019). Como resultado del aumento en la demanda de mezcal, ha surgido la necesidad de desarrollar métodos de propagación más eficientes que aseguren la disponibilidad de materia prima en cantidad y calidad adecuadas. Por otro lado, producir de una manera eficiente y sustentable es de los retos que demanda la región.

Agave angustifolia Haw., es una especie utilizada para la elaboración del mezcal, se reproduce de forma sexual y asexual. A partir de los seis y hasta los diez años de vida, la planta alcanza su único evento reproductivo sexual, después del cual muere(Fragoso-Gadea *et al.,* 2021). Sin embargo, tanto su tasa de germinación como su supervivencia son bajas, debido a que las semillas, al caer en ambientes poco favorables, suelen ser consumidas por herbívoros o no logran establecerse. Ante estas limitaciones, y en respuesta a la creciente demanda del destilado, se han desarrollado diversas técnicas para la multiplicación y conservación de especies vegetales (Cervantes *et al*, 2007). Entre ellas, el cultivo *in vitro* destaca por su eficacia, aunque requiere altos costos, un mayor tiempo de desarrollo y condiciones específicas de laboratorio (Suárez, 2020),

Debido a estas restricciones, se recurre con frecuencia a métodos convencionales, como la germinación de semillas y la selección de plantas madre para la producción de hijuelos. No obstante, estos métodos presentan limitaciones asociadas al tiempo que demanda cada etapa del proceso, lo cual puede ocasionar desabasto o excedentes de plantas disponibles para el trasplante en campo. En este contexto, el establecimiento adecuado de plantaciones resulta fundamental para satisfacer la demanda y garantizar el suministro de materia prima destinada a la producción de mezcal en Villa Sola de Vega. Sin embargo, este proceso aún se encuentra en una fase inicial de desarrollo y consolidación.

Objetivo

Determinar la densidad de población óptima para la propagación de plantas de Agave *Angustifolia Haw* en etapa de vivero.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en campo, en la localidad de “La Labor”, perteneciente al municipio de Villa Sola de Vega, Oaxaca, durante el periodo de febrero a noviembre de 2024. Se utilizaron camas de crecimiento de 1.5 m x 3 m, en las que se trasplantaron plántulas de *Agave Angustifolia* Haw., obtenidas a partir de germinación sexual. El factor evaluado fue a densidad de población, con tres tratamientos: T1: 10 cm, T2: 15 cm y T3: 20 cm de distancia entre plantas. El diseño experimental empleado fue el diseño completamente al azar (DCA), asignando un tratamiento por cama de crecimiento.

En todos los tratamientos se aplicaron las mismas condiciones de manejo: riegos de auxilio cada 14 días durante el periodo de estiaje, aplicación de caldos minerales para el control fitosanitario durante la temporada de lluvias, y fertilización inicial con una mezcla de ceniza y composta en proporción 1:2 (v/v), aplicado al momento de preparar las camas de crecimiento.

La evaluación de variables se realizó diez meses después del establecimiento de experimento. Se seleccionaron al azar 10 plántulas por tratamiento como unidades experimentales. En cada plántula se

midió la altura con un flexómetro, el diámetro de tallo (piña) con vernier, el número total de hojas y el peso fresco del tallo

El análisis estadístico se realizó con el programa R-Studio. Se aplico la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), así como pruebas de distribución normal (Shapiro-Wilk), independencia de datos y de homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett).

Resultados y discusión

El análisis estadístico mostro diferencias significativas entre tratamientos en al menos tres variables evaluadas: altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas (Cuadro 1). La densidad de plantación en 20 cm entre plantas presentó el mayor desarrollo vegetativo, con una altura promedio de 34.60 cm, un diámetro de tallo de 8.05 cm y un promedio de 9.80 hojas por planta, valores que difirieron estadísticamente de los obtenidos en los otros tratamientos ($\alpha \leq 0.05$). Estos resultados indican que el mayor espaciamiento entre plantas redujo la competencia por recursos, lo cual favoreció el crecimiento individual.

En contraste, la menor densidad (10 cm) presentó un valor intermedio en altura (31.16 cm), pero fue significativamente inferior en diámetro de tallo (5.98 cm) y número de hojas (6.10 cm) en comparación con el tratamiento de 20 cm. La densidad intermedia (15 cm) mostró resultados variables; aunque obtuvo el menor valor en altura (25.78 cm), su diámetro (7.80 cm) y número de hojas (7.11) no difirieron estadísticamente del tratamiento de 20 cm. Respecto al peso fresco del tallo, no se detectaron diferencias significativas entre las densidades de 15 cm (512 g) y 20 cm (498 g). Sin embargo, ambos tratamientos superaron al de 10 cm (356 g), que registro el menor peso.

En general, los resultados sugieren que la densidad de 20 cm entre plantas favorece un desarrollo morfológico más equilibrado, lo cual es deseable para la producción de plántulas vigorosas en fase de vivero; sin embargo, a esta distancia el número de individuos obtenidos es menor y en cuanto a las necesidades y abastecimiento en la demanda de plantas para establecimiento en campo son altos. Por otro lado, en el proceso de establecimiento de nuevas plantaciones para la producción de materia prima, se requieren plantas con alturas adecuadas, sanidad y un tamaño de piña adecuado con el mayor número de raíces para garantizar su supervivencia en campo y a los cambios de sustratos. En este sentido, Ríos-Ramírez *et al*. (2021), mencionaron que plantas para establecimiento con éxito en campo se requieren de 30 a 50 cm de altura y de buena calidad y vigor, debido a que cuando son extraídas del suelo de vivero para transferirlas al destino final, se encuentran ante un evento de adaptación y reinicio de crecimiento.

Cuadro 1. Parámetros de crecimientos evaluados en *Agave Angustifolia Haw.*

Densidad	Altura (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número de hoja (núm.)	Peso del tallo (g)
10 cm	31.16 ab	5.8 b	6.10 b	356 b
15 cm	25.78 b	7.80 ab	7.11ab	512 a
20 cm	34.60 a	8.05 a	9.80 a	498 a

Valores con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes. (Diferencia mínima significativa, $\alpha \leq 0.05$).

Conclusiones

Se determinó que la mejor densidad 20 cm entre plantas promovió un mayor desarrollo vegetativo, al registrar mayor altura, diámetro y número de hojas. Esto sugiere que dicha distancia reduce la competencia por recursos y favorece un crecimiento equilibrado en vivero.

El peso del tallo alcanzo valores similares en las densidades de 15 y 20 cm, sin presentar diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos.

Se recomienda adoptar la densidad de 15 cm bajo las condiciones evaluadas, para la propagación de *Agave Angustifolia* Haw, en fase de vivero, con el fin de producir plántulas más vigorosas y uniformes, lo que facilita su posterior establecimiento en campo, además permite incrementar la densidad de población con esta distancia.

Referencias bibliográficas

Cervantes-Mendívil, T., A. D. Armenta-Calderón y J. G. Sánchez Arellano. 2007. El cultivo del maguey bacanora (Agave angustifolia Haw.) en la sierra de Sonora. Publicación Técnica No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Fundación Produce-Sonora, Universidad de la Sierra. Hermosillo, México. 37 pp.

Espejel García, A., Barrera Rodríguez, A., Ramírez García, A. G., & Cuevas Reyes, V. (2019). Innovation in the mezcal agribusiness chain in oaxaca, mexico. Revista Venezolana de Gerencia, 24(2), 188–209. https://doi.org/10.37960/REVISTA.V24I2.31488

Fragoso-Gadea, T., Gutiérrez, A., Coronado, M. L., Terrazas, T., Ramos-Clamont, G., Vázquez-Moreno, L., Álvarez-Bajo, O., & Esqueda, M. (2021). Poblaciones silvestres de Agave angustifolia (Asparagaceae) de Sonora, México: variación morfológica y contenido de azúcares. Acta Botanica mexicana, 128. https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1889

Suárez P., I. E. (2020). Cultivo de tejidos vegetales. Fondo Editorial Universidad de Córdoba.

Ríos-Ramírez, S. D. C., Valle, E. D., Raymundo, J., Rodríguez-Ortiz, G., Ruíz-Luna, J., & Velasco-Velasco, V. A. (2021). El crecimiento de Agave angustifolia Haw. con relación a la condición nutrimental.Revista mexicana de ciencias agrícolas, 12(5), 865-873.

OPTIMIZACIÓN BAYESIANA APLICADA A LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN MÉXICO

Avendaño-Arrazate, C.H.[1*] Martínez-Bolaños M.[2], Aragón-Magadan, M.A[1]. Martínez-Bolaños L.[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro Nacional de Recursos Genéticos. Rancho las Cruces, Tepatitlán de Morelas, Jalisco, CP 46700. [2]INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18.5 Carr. Tapachula-Cacahotán, Tuxtla chico, Chiapas, CP. 30870. 3Universidad Autónoma Chapingo Centro Regional Universitario Sur Fitosanidad – CIBEAO Zimatlán de Álvarez, Oaxaca, México CP. 71200.
*Autor para correspondencia: avendano.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cacao, densidades, rendimiento.

Introducción

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es una alternativa económica, social y ambiental para las zonas tropicales y subtropicales de México; se cultiva en 52,500 ha, con una producción nacional de 29,000 toneladas principalmente en Tabasco, Chiapas, Guerrero y Oaxaca (SIAP,2025). Dentro de los problemas del cultivo son las enfermedades causadas por hongos y los bajos rendimientos, éste último se debe a que en más del 60 % de las plantaciones presentan más de 50 años e improductivas (Avendaño *et al*., 2011); los últimos esfuerzos para mejorar la productividad del cacao en México ha sido la renovación de plantaciones, a través de la Introducción de nuevas variedades de alto rendimiento y tolerantes a enfermedades, además, de establecer nuevos modelos de plantación; la densidad de plantación más usada es de 625 plantas/ha; son muy pocas las plantaciones de cacao con densidades de 825 y 1100 plantas/ha (Suarez-Venero *et al*., 2019).

Diferentes autores, han demostrado que para incrementar la productividad es importante establecer un mayor número de plantas por unidad de superficie (Feican *et al*., 2019; Uselis *et al*., 2020). Se ha demostrado que con una alta densidad de plantas se promueve una mayor competencia entre plantas y por lo tanto, menor tamaño de fruto (Feican *et al*., 2019), mayor incidencia de enfermedades (Shindoi *et al*., 2020), mayor competencia de agua, luz y nutrientes (Carrillo *et al*., 2003) y las bajas densidades de plantación promueven un mayor crecimiento de frutos (Valentini y Arroyo, 2011), por lo que es importante seleccionar densidades de plantación óptimas para incrementar el rendimiento, eficientizar los recursos como agua, nutrientes, luz y mano de obra (Licznar-Malanczuk, 2004); es por ello que el objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto en los componentes del rendimiento en diferentes modelos de plantación (densidades y arreglos topológicos) en cacao en México.

Materiales y métodos

Sitio de evaluación: El sitio experimental se encuentra ubicado en el Campo Experimental Rosario Izapa (INIFAP), en el kilómetro 18 de la carretera Tapachula – Cacahoatán, municipio de Tuxtla chico, Chiapas. Localizado en el paralelo 14° 40’ de Latitud Norte y 92° 10’ de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 435 m.

Densidades de plantación evaluadas: Se evaluaron cuatro densidades de plantación (DP). DP1: 1111 plantas/ha distribuidas en marco real de 3 x 3 m; DP2: 1333 plantas/ha en marco real de 3m entre surcos y 2.5 m entre plantas; DP3: 1900 plantas/ha con una distribución de 2 x 2 m y DP4 con 2900 plantas/ha, los árboles fueron distribuidos en tres bolillos de 1.5 x 1.5 m, Este patrón se replicó con una secuencia de espacios de 2 m y 4 m entre las secciones arboladas.

Variables evaluadas: Se evaluaron componentes del rendimiento, como índice de mazorca (número de mazorcas para hacer un kilogramo de grano seco), rendimiento de grano seco por árbol (gramos) y rendimiento de grano seco por hectárea (Kg).

Análisis estadístico: Se usó un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones, cada repetición consistió en cinco árboles. El análisis estadístico se realizó en R 4.2.0 con un modelo de bosques aleatorios con optimización bayesiana. Este modelo permitió calcular la densidad optima donde el valor más pequeño de índice de mazorca (IM) es el mejor. Para evitar la redundancia se generó un análisis de clúster jerárquico para agrupar los clones que tienen comportamiento similar en las mismas densidades de siembra

Resultados y discusión

Variable rendimiento: La tendencia en todos los clones fue que conforme se incrementó la densidad de árboles por superficie el rendimiento tanto por árbol como por hectárea disminuyó. El rendimiento más alto por árbol (2.59 kg) fue para el clon 1 con una densidad óptima de 1601 árboles, seguido del clon 8 con 2.34 kg a una densidad de 1505 y el de menor rendimiento por árbol (0.41 kg) fue el clon 9 a una densidad óptima de 1749, seguido del clon 3 con 0.47 kg a una densidad de 1415 árboles. El rendimiento más alto por hectárea (2988 kg/ha) fue para el clon 1 a una densidad óptima de 1613 árboles, seguido del clon 8 con 2974.46 kg/ha a una densidad de 1005; en particular este clon responde muy bien a la densidad recomendada de 3 m x 3 m que las nuevas plantaciones de cacao en México están estableciendo; el rendimiento más bajo fue también para el clon 9 con 544.6 kg/ha a una densidad de 1795 (Cuadro 1). La densidad óptima donde los clones expresan el mayor rendimiento por hectárea es en 1000 plantas/ha (Figura 1).

Cuadro 1. Densidades óptimas para las variables rendimiento por árbol y rendimiento por hectárea por clon de cacao.

Clon	Densidad óptima	Rendimiento árbol^{-1}	Densidad óptima	Rendimiento ha^{-1}
1	1601	2.59	1613	2988.1
2	2110	1.03	2001	1383.9
3	1415	0.47	1000	1131.7
4	1052	0.69	1000	1990
5	1731	1.16	1166	2832.6
6	1284	0.86	1005	1425.5
7	1735	0.69	1000	1574.4
8	1505	2.34	1005	2974.4
9	1749	0.41	1795	544.6
10	1528	0.51	1000	1006.2

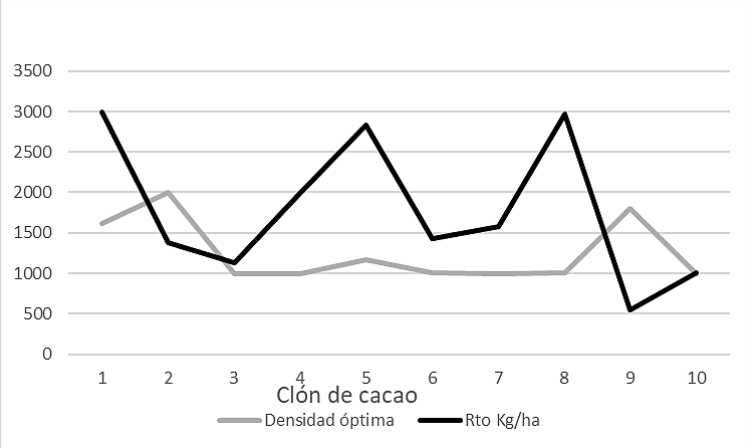


Figura 1. Densidad óptima de los 10 clones de cacao

Variable Índice de Mazorca (IM): El clúster jerárquico formó tres grupos según los valores de IM; grupo 1 con los clones 2,4,9 y 10 que conforme incrementa la densidad de plantación (DP) el IM disminuye, el valor óptimo de densidad según el modelo bayesiano para estos clones es de 2200 plantas/ha con un índice de mazorca de 32.7. Por otra parte, el grupo 2 constituido por los clones 1,3 y 8 conforme incrementa la DP el IM también disminuye, pero presenta una doble curva en la densidad de 1900, dando un valor óptimo de densidad de 2500 plantas/ha y un IM de 31.9 y finalmente el grupo 3 formado por los clones 7,5 y 6 presenta un valor óptimo a una densidad de 1600 plantas/ha con un IM de 32.2, en este grupo el IM incremente conforme se aumenta de densidad de siembra.

Al analizar de manera individual el valor óptimo de densidad de plantación para cada clon con el modelo bayesiano, los resultados indican que para el clon 1 la DP óptima es de 2500 pl/ha; el clon 2 de 2200 pl/ha; el clon 3 de 1000 pl/ha; el clon 4 de 2500 pl/ha; el clon 5 de 1000 pl/ha; el clon 6 de 2200 pl/ha; el clon 7 de 1000 pl/ha; el clon 8 de 1300 pl/ha; el clon 9 de 2500 pl/ha y el clon10 de 2100 pl/ha.
En manzana, Uselis *et al*. (2020) reportan una disminución del rendimiento por árbol y peso del fruto conforme disminuye la distancia entre plantas y se incrementa la densidad, de 2000 a 4000 plantas/ha; sin embargo, el rendimiento por hectárea fue mayor conforme incremento la densidad. Por su parte, Valentini y Arroyo (2011) mencionan que en el durazno a mayor densidad de plantación permitió un rápido e importante incremento de la producción por hectárea. Shindoi *et al*. (2020) en frutilla encontraron diferencias estadísticas entre densidades de 6 y 8 plantas/metro para las variables tamaño, número y peso de fruto; pero sí en rendimiento por m^2, donde a mayor número de plantas/m mayor fue el rendimiento.

Conclusiones

Los componentes del rendimiento en cacao se ven afectados por el incrementó de la densidad de plantas por hectárea y el arreglo topológico, la densidad óptima donde expresan el mejor rendimiento por árbol y por hectárea para la mayoría de los clones fue alrededor de 1000 plantas/ha.

Fuente financiadora

Al CONAHCYT y a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México, por el financiamiento del proyecto número 2017-02-291417 denominado; “Desarrollo de innovaciones tecnológicas para el manejo integral sustentable del cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en México”

Referencias bibliográficas

Valentini, G.H.; Arroyo, L.E. 2011. Efectos de la densidad de plantación y el sistemade conducción sobre el crecimiento, la productividad y el tamaño de los frutos de un cultivar de duraznero. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 37(1): 92-98.

Shindoi, M.M., Chamorro, D.L., Avico, E.L. Sarco, P.C. 2020. Efecto de dos densidades de plantación en el cultivo de frutilla (*Fragaria* x *ananassa* Duch.) en Colonia Benitez Chaco. Agrotecnia 30: 105-111. http://dx.doi.org/10.30972/agr.0304663

Uselis, N.; Viskelis, J.; Lanauskas, J.; Liaudanskas, M., Janulis, K., Kviklys, D. 2020. Planting distance affects apple tree growth, fruit yield and quality. Zemdirbyste-Agriculture, 107(4): 367–372. doi10.13080/z-a.2020.107.047

APLICACIÓN DE MELATONINA SOBRE EL ESTRÉS HÍDRICO EN PLANTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Mario Cabrera-Gaytan[1] Omar Castor Ponce-Garcia[2] Leslie Carnero-Aviles[2] Alejandro Palacio-Marquez[1*] Carlos A. Ramírez-Estrada[1] Ricardo Valdez-Morales[1] Jorge A. Sánchez-Bernal[1] Janeth G. González-Domínguez[1]

[1]Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campus Experimental Delicias.

Palabras clave: Uso eficiente de agua, rendimiento, índice de productividad.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa el segundo lugar en importancia alimentaria en México esto debido al alto contenido de proteínas y vitaminas, lo cual lo hace fundamental para la alimentación básica de la población (Acosta-Gallegos *et al*., 2010*)*. Una de las condiciones climáticas que más afecta a este cultivo es la falta de agua. La planta de frijol es muy sensible a la falta de agua en el suelo en sus etapas fenológicas ocasionando un estrés hídrico (Reyes-Matamoros *et al*., 2014). Se ha identificado que la aplicación de melatonina mejora el crecimiento, características morfológicas y fisiológicas por lo cual beneficia la adaptabilidad de la planta al estrés hídrico (Naz *et al*., 2022). En base a lo anterior, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar los efectos de la aplicación de melatonina sobre actividades fisiológicas y características morfológicas en plantas de frijol ejotero variedad strike sometida a diferentes niveles de estrés hídrico.

Materiales y métodos

Se empleó un diseño completamente al azar en el cual se utilizaron cuatro tratamientos más un testigo sin aplicación, con nueve repeticiones cada uno. Cada unidad experimental contó con una planta de frijol variedad strike. Los tratamientos se someterán a diferentes niveles hídricos, T1 100 %, T2 85 %, T3 70 % y T4 50 %, todos los tratamientos llevaron la aplicación de melatonina a la dosis de 100 µM. El tratamiento se aplicó de manera edáfica con un intervalo de ocho días entre aplicación dando un total de cuatro aplicaciones. Las variables para evaluar fueron rendimiento, uso eficiente de agua $\left(\text{Indice de uso eficiente de agua } = \frac{\text{Biomasa total (p.s.)}}{\text{Volumen total aplicado}}\right)$, índice de productividad $\left(\text{Indice de productividad del agua } = \frac{\text{(Rendimientro) (p.s.)}}{\text{Volumen total aplicado}}\right)$ y clorofila. La siembra se llevó en charolas de poliestireno de 200 orificios, después de 15 días (dds) se trasplantaron a macetas de plástico de 24 cm de diámetro las cuales se rellenaron con vermiculita y sustrato con una proporción de 2:1. Para el riego se calculó la lámina adecuada con el fin de obtener el volumen de aplicación para cada tratamiento tomando en cuenta la densidad aparente del sustrato, área y volumen de la maceta, así como la altura del sustrato. En el primer mes del desarrollo del cultivo, el riego en charola se realizó cada 24 horas con la lámina de riego requerida para cada tratamiento y posteriormente los riegos en maceta se extendieron a cada 72 horas con una solución nutritiva de Hoagland. La aplicación de melatonina se realizó una por semana a partir de la aparición de las hojas verdaderas, dando un total 4 aplicaciones. Se realizó un análisis de varianza, mediante una prueba de separación de medias, utilizando el método de Tukey con un intervalo de confianza de 95 %, mediante el software SAS versión 9.

Resultados y discusión

Rendimiento. Para la variable de rendimiento se observó una diferencia significativa ($p<0.05$), en el T1 con el T2. Por su parte, el testigo sin aplicación de melatonina y sin estrés hídrico, presentó un decremento del 36.93 % en comparación al T1. Por lo que se puede observar que la aplicación de melatonina incremento el rendimiento en comparación con el tratamiento sin aplicación.

Uso eficiente de agua e índice de productividad. En el presente trabajo se obtuvieron diferencias significativas ($p<0.05$), con respecto al uso eficiente de agua se obtuvo un mayor aprovechamiento en el T4, obtenido el valor más alto, seguido del T2 y T1 los cuales obtuvieron una disminución del, 33.62 y 44.79 % respectivamente. El valor mas bajo se observó en el testigo, que disminuyó un 61.29 % con respecto al

T4. Por lo tanto, la aplicación de melatonina favoreció el aprovechamiento de agua en las plantas de frijol. Por otro lado, con respecto al índice de productividad, el valor más alto lo obtuvo el T4, seguido de T3 con una disminución del 16.9 %, los valores menores lo obtuvieron el testigo, T1 y T2 con una disminución del 51.43, 54.41 y 65.31 % respectivamente. En base en estos resultados se puede entender que la aplicación de melatonina tuvo una mejor respuesta en los tratamientos con un menor porcentaje de agua.

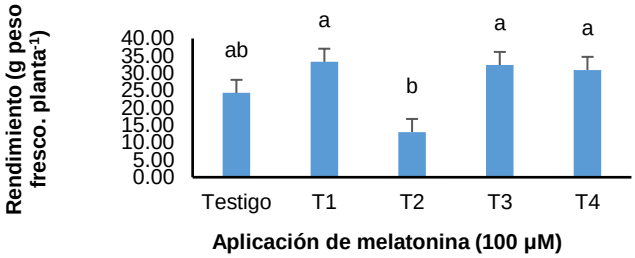


Figura 1. Efecto de la aplicación de melatonina sobre el rendimiento de plantas de frijol cv. Strike sometidas a estrés hídrico. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de melatonina sobre el uso eficiente de agua e índice de productividad de plantas de frijol cv. Strike sometidas a estrés hídrico. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa

Tratamiento	Uso eficiente de agua	Índice de productividad
Testigo	0.78±0.43 d	5.66±2.31 b
T1	1.11±0.26 cd	6.03±1.88 b
T2	1.34±0.09 bc	4.30±2.44 b
T3	1.82±0.14 ab	10.31±1.11 a
T4	2.02±0.54 a	12.41±1.14 a

Contenido de clorofila. Los datos obtenidos presentaron diferencia estadística significativa ($p<0.05$). Con respecto al contenido de clorofila total, el testigo y los tratamientos T1 y T2 representan los valores más altos, sin diferencia estadística significativa entre ellos. Al disminuir los porcentajes de agua en los tratamientos T3 y T4 tienden a bajar su contenido de clorofila total con un decremento de 33.46 y 46.43 % respectivamente en comparación con los demás tratamientos.

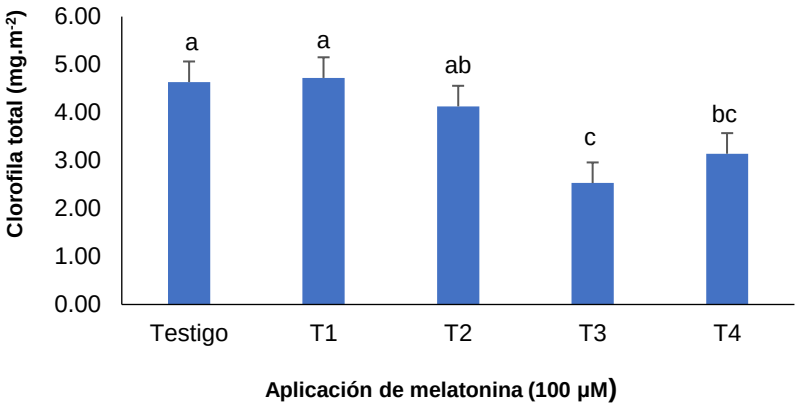


Figura 2. Efecto de la aplicación de melatonina sobre el contenido de clorofila de plantas de frijol cv. Strike sometidas a estrés hídrico. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa.

Según González (2020), la aplicación de melatonina en plantas tiene un control en la regulación de los genes relacionados con las diferentes vías redox de las plantas, permitiendo de esta manera la Introducción de genes que resguarden la integridad de los cloroplastos, así como de los pigmentos contenidos, beneficiando a la fotosíntesis y de esta manera mejorando el metabolismo del carbono y del nitrógeno esenciales para el incremento de la biomasa vegetal. Por su parte, Sharma y Zheng (2019), mencionan que la aplicación de melatonina contribuye a mantener la turgencia celular lo que potencializa la capacidad de apertura y conductancia estomática, ayudando a un mejor movimiento de agua, estos procesos se benefician aún más debido al equilibrio de agua controlado por la melatonina en las células del mesófilo, así como de su regulación de la presión de turgencia.

Conclusiones

La aplicación de clorofila en plantas sometidas a déficit hídrico tuvo efectos positivos, manteniendo el rendimiento e incrementando el uso eficiente del agua e índice de productividad. A su vez, los tratamientos T1 y T2 mantuvieron el contenido de clorofila en comparación con una planta con el contenido de agua apropiado, por su parte los tratamientos T3 y T4 obtuvieron resultados positivos en el uso eficiente de agua e índice de productividad, indicando que el uso de melatonina puede ser una herramienta para mitigar los efectos del estrés hídrico en plantas de frijol. Finalmente, es necesario llevar a cabo mas estudios con el fin de entender los efectos fisiológicos y bioquímicos de este compuesto en las plantas.

Agradecimientos

Se agradece a la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, UACH, por los recursos aportados necesarios para realizar la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Altaf, M. A., Shahid, R., Ren, M.-X., Naz, S., Altaf, M. M., Khan, L. U., Tiwari, R. K., Lal, M. K., Shahid, M. A., Kumar, R., Nawaz, M. A., Jahan, M. S., Jan, B. L., & Ahmad, P. (2022). Melatonin improves drought stress tolerance of tomato by modulating plant growth, root architecture, photosynthesis, and antioxidant defense system. Antioxidants (Basel, Switzerland), 11(2), 309.

González Rodríguez, A. (2020). Melatonina y su importancia en plantas [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de La Laguna] 1–18. Repositorio de la Universidad de La Laguna.

Reyes-Matamoros, J., Martínez-Moreno, D., Rueda-Luna, R., & Rodríguez-Ramírez, T. (2014). Efecto del estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *1*, 191–203.

Sangerman-Jarquín, D. M., Acosta-Gallego, J. A., Schwenstesius de Rindermann, R., Damián Huato, M. Á., & Larqué Saavedra, B. S. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *1*(3), 363–380.

Sharma, A., & Zheng, B. (2019). Melatonin mediated regulation of drought stress: Physiological and molecular aspects. *Plants, 8*(7), 190.

DIGESTATO DE SARGAZO (*Sargassum spp.*) COMO ALTERNATIVA DE SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE *Citrullus lanatus*

Ximena Gonzalez Lara[1] Omar Castor Ponce Garcia[2] Carlos A. Estrada Ramirez[1] Berta A. Rivas Lucero[1] Alejandro Palacio Marquez[1] Antonino Pérez Hernandez[3] Martin Armando Alonso Gomez[1] Jerónima A. Pérez

[1]Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras, campus experimental delicias, [3]Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.
*Autor para correspondencia: apalaciom@uach.mx

Palabras clave: Digestato, algas, plántula.

Introducción

El sargazo *(Sargassum spp.*) es una macroalga que forma colonias y su desplazamiento se ve influenciado por las corrientes oceánicas. En México las áreas costeras aportan el 3.7% del PIB siendo el turismo la principal actividad económica, mas sin embargo fue en el 2018 cuando se reportó la llegada de más de medio millón de toneladas de sargazo a las costas de Quintana Roo afectando a dicha actividad, así como a la industria pesquera, a la producción de materias primas y a la composición del aire y de ecosistemas (Schiling *et al*., 2022). Debido a la composición del sargazo se han reportado que su uso estimula la germinación, el vigor de las plantas, así como a la producción de biomasa y refuerza los mecanismos de defensa (Espinosa- Antón *et al*., 2024). Por otro lado, la producción de plántulas asegura la optimización de los cultivos, siendo la sandía (*Citrullus lanatus*) uno de ellos debido a su gran importancia, México ocupa el lugar número 15 a nivel global aportando el 1.1 % de la producción total, mientras que a nivel nacional se reporta una producción de 1,428,910 toneladas siendo Chihuahua y Sonora las principales entidades productoras (SIAP, 2024). Con base a lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia del digestato de sargazo como alternativa de sustrato en la producción de plántula de sandía.

Materiales y métodos

Se empleó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y un testigo, con cuatro repeticiones por tratamiento, siendo la unidad experimental un lote de 64 plantas. Cada tratamiento se compuso por distintos porcentajes de digestato de sargazo incorporados en el sustrato base. El primer tratamiento fue al 10 % (T2), el segundo al 15 % (T3), el tercero al 20 % (T4) y el tratamiento testigo (T1) el cual fue al 100 % de sustrato base. La siembra se realizó en charolas de polietileno de 200 cavidades, divididas en dos secciones con tratamientos al azar. El conteo de germinación se llevó a cabo durante 14 días consecutivos después de presentarse la primera semilla germinada, considerando como germinada aquella semilla con hipocótilo en la superficie del sustrato. Las plántulas se mantuvieron hasta desarrollar las hojas verdaderas. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación, tiempo medio de germinación, índice de germinación, diámetro de tallo, área foliar, peso fresco. Se realizó un análisis de varianza y prueba de separación de medias, utilizando el método Tukey con un intervalo de confianza de 95 % utilizando el software SAS 9.

Resultados y discusión

Porcentaje de germinación, tiempo de germinación, índice de vigor. El tratamiento T4 registro una disminución significativa de 3.9 % en el porcentaje de germinación en comparación a los demás tratamientos, esto indica que elevar las proporciones por encima del 15 % disminuyen el potencial germinativo. Por otro lado, el tiempo medio de germinación muestran diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. Los tratamientos T2 y T3 tuvieron un incremento en el periodo de tiempo de germinación en un 43 % y un 58.4 % con respecto a T1. El T4 registro el mayor tiempo, con un incremento de 131.7 % con respecto a T1. En el caso del índice de vigor, se registraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$), el T1 presentó el mayor vigor de germinación, los tratamientos T2 y T3, a pesar de presentar una disminución del 22 y 23.8 % respectivamente, no fueron diferentes al T1, presentándose como combinaciones viables para ser utilizados como sustrato. Por el contrario, el T4 presento una disminución del 28.3 % con respecto al T1.

Cuadro 1. Efecto de la combinación de diferentes concentraciones de digestato de sargazo (0, 10, 15 y 20 %) con sustrato comercial sobre porcentaje, tiempo medio de germinación e índice de vigor en plántulas de sandía.

Tratamiento	Porcentaje de germinación (%)	Tiempo medio de germinación (dds)	Índice de vigor
T1	99.22±1.56 a	2.02±0.41 c	846.23±71.98 a
T2	99.22±1.56 a	2.89±0.26 b	660.07±77.21 ab
T3	99.22±0.90 a	3.20±0.30 b	644.91±33.20 ab
T4	95.31±3.38 b	4.68±0.74 a	606.61±244.01 b

Diámetro de tallo, área foliar y peso fresco. De acuerdo con los datos obtenidos, se encontraron diferencias significativas (p≤0.05) en el diámetro de la plántula. El T4 obtuvo los valores mas altos, seguido del T3, que fue un 10.7 % menor. El T1 y T2 presentaron los menores diámetros, que fueron un 14.3 % menor a los del T4. Se podría describir a las plántulas desarrolladas sobre la combinación de sargazo-sustrato (1:5) como las menores longitudes, pero con mayor diámetro. Con respecto al área foliar, el T4 obtuvo una mayor superficie siendo 3.7 % mayor al T3 el cual presento la menor área foliar. Por otro lado, en la variable a evaluar de peso fresco, el T1 obtuvo un incremento de 27.8, 14.3 y 12.6 % con respecto a los tratamientos T2, T3 y T4. Las plántulas desarrolladas sobre las diferentes combinaciones de digestato de sargazo y sustrato comercial no modificaron su peso, lo cual puede ser un indicador del potencial del digestato para ser incorporado en la producción de plántula de sandía.

Cuadro 2. Efecto de la combinación de diferentes concentraciones de digestato de sargazo (0, 10,15 y 20 %) con sustrato comercial sobre diámetro de tallo, área foliar y peso fresco en la plántula de sandía.

Tratamiento	Diámetro (cm)	Área foliar (cm^2)	Peso fresco (g)
T1	0.24±0.003 b	5.04±0.44 a	4.55±0.77 a
T2	0.24±0.02 b	5.17±0.52 a	3.56±0.23 a
T3	0.25±0.03 ab	4.99±0.38 a	4.04±0.98 a
T4	0.28±0.02 a	5.18±0.25 a	3.98±0.90 a

Longitud de plántula y longitud de raíz. Con respecto a la longitud de las plántulas evaluadas, se presentaron diferencias estadísticas significativas (p≤0.05). El T1 se presentó como el más efectivo, seguido del T2 y T3, que tuvieron una disminución del 22.4 % y 23.5 %. La menor altura de plántulas se observó en el T4 y fue 25.7 % menor al T1 (Figura 1a). Por otro lado, los resultados obtenidos en la variable de longitud de la raíz no mostraron diferencias estadísticas significativas (Figura 1b), lo que indica que a pesar del incremento en la concentración del sargazo en composición de los sustratos evaluados en los tratamientos T2, T3 y T4, la raíz de las plántulas no presento una disminución significativa en la longitud.

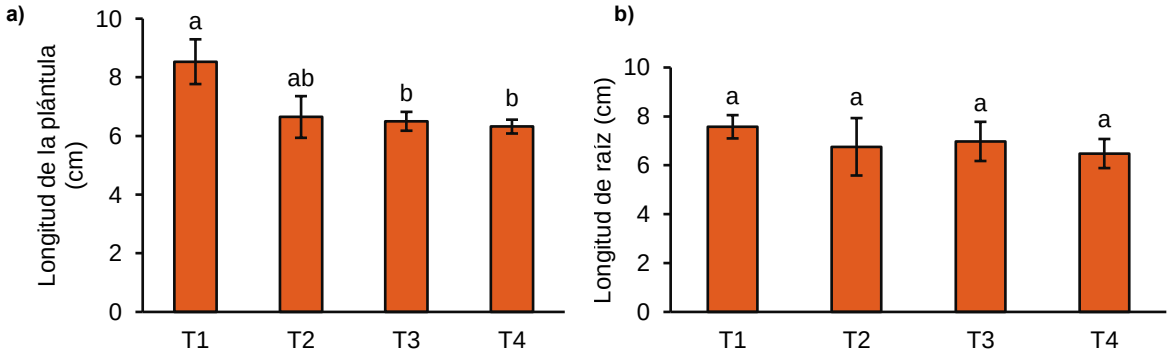


Figura 1. Efecto de la combinación de diferentes concentraciones de digestato de sargazo (0, 10,15 y 20 %) con sustrato comercial sobre a) longitud de la plántula, b) longitud de raíz.

Los resultados obtenidos indican que la aplicación de sargazo en el sustrato a dosis menores de 15 % no tienen efectos negativos sobre la producción de plántulas de sandía, por lo que puede ser considerado como material de bajo costo que se puede incorporar a las mezclas de sustratos, además de no afectar negativamente al desarrollo y germinación de la plántula y siendo respetuoso con el medio ambiente, además de que el diversos autores indican que es fundamental para la industria agrícola que se desarrollen nuevos materiales que no afecten negativamente el desarrollo y germinación de plántulas, que sean de bajo costo, respetuosos con el medio ambiente y que además puedan combinarse con sustratos tradicionales (Svartz y Raimondo, 2022; Espinosa-Antón *et al*., 2024). A pesar de los beneficios que aporta el sargazo, existen consideraciones que podrían limitar su uso como fuente de productos para la agricultura. Las macroalgas tienen capacidad de absorber sales minerales y metales pesados que pueden acumularse llegando a afectar a las plantas (Espinosa-Antón *et al*., 2024).

Conclusiones

Los tratamientos T2 y T3 obtuvieron resultados positivos en las variables del porcentaje de germinación y en índice de vigor, siendo los segundos más favorables en diámetro de tallo, longitud de plántulas y de raíz, por otro lado, se presentó un decremento en la variable del área foliar siendo el tratamiento T3 el que registro menor área foliar. Por esto, al mostrar diferencias mínimas al comparar sustrato comercial y las combinaciones de T2 y T3 se consideran opciones viables para el aprovechamiento de digestato de sargazo como alternativa de sustrato, disminuyendo los costos de producción de plántula de sandía y aprovechando los recursos que brindan las algas marinas.

Agradecimientos

Al Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), por el apoyo dispuesto a través de los materiales y laboratorios, durante este trabajo. Así, como al CONAHCYT, que a través de los programas SENER-SECIHTI/ SEMAR-SECIHTI/ Ciencia de Frontera, por la infraestructura generada a través de los proyectos 243715 / 305292 / 1566 respectivamente que contribuyeron a esta investigación.

Referencias bibliográficas

Espinosa-Antón, A. A., Ferrer, R. J. L., & Ramírez-Linares, N. J. (2024). Arribazón de sargazo pelágico: ¿utilidad o problema para la agricultura local? *Bioagrociencias*, *17*(1).

SIAP. (2024). Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. México. Disponible: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola

Schling, M., Guerrero Compeán, R., Pazos, N., Bailey, A., Arkema, K., & Ruckelshaus, M. (2022). *El impacto económico del sargazo: Evidencia de la costa mexicana*. https://publications.iadb.org/es/el-impacto-economico-del-sargazo-evidencia-de-la-costa-mexicana

Svartz, H. A., & Raimondo, C. S. (2022). Elección y formulación adecuada de un sustrato y/o sus mesclas: Formulation and selection of an accurate substrate and/or soilless mixes. South Florida Journal of Environmental and Animal Science, 2(2), 203-226. https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n2-016

ÁCIDO ASCÓRBICO: BIOESTIMULANTE EN EL DESARROLLO INICIAL DE JITOMATE

David Trujillo-García[1]*, José Luis Díaz-Nuñez[1], Carlos-Trejo[1], Ebandro Uscanga-Mortera[1], F. Víctor Conde-Martínez[1], J. Rodolfo García-Nava, Antonio García-Esteva[1]

[1]Posgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados.
* Autor para correspondencia: trujillo.david@colpos.mx

Palabras clave: Ácido ascórbico, bioestimulante, fenoles totales.

Introducción

Actualmente, el uso de bioestimulantes de origen biológico y composición variable se ha posicionado como una estrategia viable para favorecer el desarrollo de plantas cultivadas, especialmente en condiciones de estreses abióticos y bióticos. El ácido ascórbico (ASC) conocido también como vitamina C, es un nutriente esencial para los seres humanos y potente antioxidante. En las plantas, se encuentra en forma natural y regula importantes vías fisiológicas y bioquímicas que contribuyen al mantenimiento del equilibrio redox. Además, la aplicación exógena de ASC puede mitigar los efectos adversos causados por el estrés abiótico (Wu *et al*., 2024). El jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo de importancia económica y nutricional, pero también susceptible a problemas fitosanitarios. Diversos estudios demostraron que la aplicación foliar de ASC incrementó en jitomate la longitud de hojas, la longitud de inflorescencencias, el número de flores y el rendimiento de frutos (Rahman *et al*., 2021). Así mismo, se reportó que tratamiento de ASC en semillas redujo los efectos adversos del estrés salino (El-Sayed y Saye, 2013) y que el ASC endógeno es esencial para mitigar los efectos tóxicos de metales pesados como cobre (Al-Huqail *et al*., 2020). Sin embargo, hay pocos estudios del potencial que tiene la aplicación de ácido ascórbico para mejorar los procesos fisiológicos durante las etapas iniciales del desarrollo del jitomate.

Objetivo

Evaluar el potencial bioestimulante del ácido ascórbico para mejorar el crecimiento y la calidad de plántulas de jitomate en almacigo.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Posgrado en Botánica del Colegio de Postgrados Campus Montecillo en un invernadero de agosto a septiembre 2023. Semillas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Rio Grande, fueron germinadas en cajas Petri con papel filtro humedecido con tres mililitros de agua destilada. Las cajas fueron colocadas en una germinadora a una temperatura de 24 ± 2 °C y 40 % de humedad relativa. Las plántulas fueron trasplantadas en charolas germinadoras de 200 cavidades con vermiculita, dejando dos líneas vacías entre tratamientos. Los tratamientos consistieron en aplicaciones de cinco mililitros de concentraciones de 10^{-3} a 10^{-7} molar al suelo o al follaje a unidades experimentales. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar. Las aplicaciones se hicieron cada siete días (d) durante 28 d. El testigo consistió en la aplicación de agua destilada (cinco mililitros). Se aplicaron riegos ligeros cada dos días y solución nutritiva de Steiner a 100 % cada siete días. A los 30 días después de la emergencia se determinaron las variables siguientes: altura (cm), el diámetro del tallo (mm), área foliar (cm^2), número de raíces adventicias y peso seco de la raíz (g) y del vástago (g). También se cuantificó el contenido fenoles totales en hojas y raíces con el método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al*., 1999). A los datos se les realizó análisis de varianza (ANOVA) y cuando se observaron diferencias significativas entre tratamientos se realizó la comparación de medias (Tukey, α = 0.05, letras).

Resultados y discusión

La aplicación de ácido ascórbico (ASC) en el sustrato mostró efectos significativos en el crecimiento de las plántulas de jitomate. En particular, las concentraciones de 10^{-5} y 10^{-6} molar incrementaron la altura de las plántulas en 31 % en comparación con el testigo (Cuadro 1). Sin embargo, no se observaron cambios en el diámetro del tallo, área foliar, número de raíces adventicias y peso seco de la raíz y vástago. En contraste, la aplicación foliar no tuvo efectos significativos en las variables morfológicas. No obstante, se observó un incrementó en el contenido de fenoles totales en raíz y hojas, particularmente entre las concentraciones de

10^{-4} a 10^{-6} molar, lo que sugiere una posible influencia en la síntesis de metabolitos secundarios (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la aplicación molar de ácido ascórbico a sustrato y foliar en las plántulas de jitomate.

Tratamiento	Método de aplicación	Altura (Cm)	Área foliar (cm^2)	Peso seco del vástago (g)	Fenoles totales (mg de E.A.G. /100 g materia seca)	
					Raíz	Vástago
Testigo	Sustrato	9.07± 0.56b	34.62 ± 2.90 b	0.21 ± 0.005 ab	95.20±8.21 a	61.03±2.7a
	Foliar	9.11± 0.36a	31.52 ± 1.26a	0.18 ± 0.008a	66.66 ±2.73 b	68.53±2.70
10^{-4} molar	Sustrato	10.6±0.48ab	40.04±3.05ab	0.25±0.002a	58.10±3.45c	71.24±4.60ab
	Foliar	10.8±0.38a	41.14±2.91a	0.23±0.007a	77.09 ±8.0 ab	69.21±0.89a
10^{-5} molar	Sustrato	11.88 ± 0.25 a	49.70 ± 1.65 a	0.26 ± 0.003a	61.89 ±5.86 bc	85.06±6.40a
	Foliar	11.74 ± 0.34a	38.13 ± 2.84ab	0.26 ± 0.013a	56.65±5.84 b	85.23±0.22a
10^{-6} molar	Sustrato	11.95 ± 0.42 a	39.74 ± 4.19a	0.16 ± 0.006b	90.14 ±11.41ab	80.68±0.80a
	Foliar	10.64 ± 0.24a	34.75 ± 2.53b	0.26 ± 0.019a	82.93±6.94 a	76.04±1.31a

Media ± Error estándar. Tukey (α < 0.05, letras)

En estudios previos se ha demostrado que la aplicación de ASC puede mitigar los efectos de estreses abióticos y mejorar el rendimiento en cultivos como jitomate (Rahman *et al*., 2021; El-Sayed y Saye, 2013). Sin embargo, su efecto en condiciones óptimas, es decir, en ausencia de estrés ambiental, ha sido poco explorado. En esta investigación se demostró que la aplicación de ASC en el sustrato a concentraciones especificas (10^{-5} y 10^{-6} molar) incrementaron la altura de las plántulas. No obstante, ni la aplicación al sustrato ni la foliar afectaron otras variables morfológicas (diámetro del tallo, área foliar, peso seco de la raíz y vástago), lo que sugiere un efecto específico del ASC en el crecimiento vertical del tallo. Respecto al metabolismo secundario, se observó que la aplicación al sustrato redujo el contenido de fenoles totales en raíces, pero los aumentó en vástagos. En tanto, la aplicación foliar incrementó el contenido de fenoles totales en ambos órganos (raíz y hojas). Estos resultados muestran un efecto localizado del ASC, probablemente asociado a su capacidad para modular la síntesis de metabolitos secundarios en órganos específicos, dependiendo del método de aplicación. Los resultados indican que, en ausencia de estrés, el ASC exógeno actúa como un modulador metabólico, particularmente en la síntesis de compuestos fenólicos, lo cual podría ser benéfico para condicionar a las plantas a condiciones adversas.

Conclusiones

La aplicación del ácido ascórbico actúa como bioestimulante en el crecimiento de las plántulas de jitomate, al incrementar su altura y el contenido de fenoles totales cuando se aplica en el sustrato. Estos resultados indican su posible uso para mejorar el desarrollo inicial de las plántulas. Sin embargo, se requieren estudios adicionales en condiciones ambientales estresantes para evaluar completamente su efectividad.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento “Cambio Climático, Estrés en Plantas y Mitigación”, del Posgrado en Botánica en el Colegio de Postgraduados. J. L. Díaz Nuñez. agradece al Programa de Investigadoras e Investigadores Cátedra-COMECYT-2024 (Folio: RCAT2024-0003).

Referencias bibliográficas

Al-Huqail, A. A., Ali, H. M., Kushwaha, B. K., Al-Huqail, A. A., Singh, V. P., & Siddiqui, M. H. (2020). Ascorbic acid is essential for inducing chromium (VI) toxicity tolerance in tomato roots. *Journal of Biotechnology*, 322, 66-73. Doi: https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2020.07.011

El-Sayed, H. E. A., & El Sayed, A. (2013). Exogenous application of ascorbic acid for improve germination, growth, water relations, organic and inorganic components in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant under salt-stress. *New York Science Journal*, 6(10), 123-139.

Rahman, M. A., Zakaria, M., Mia, M. A. B., & Biswas, M. S. (2021). Ascorbic acid influences on growth and yield of tomato. Annals of Bangladesh Agriculture, 25(1), 55-65. Doi: www.doi.org/10.3329/aba.v25i1.58155

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In Methods in enzymology (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press. Doi: https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Wu, P., Li, B., Liu, Y., Bian, Z., Xiong, J., Wang, Y., & Zhu, B. (2024). Multiple physiological and biochemical functions of ascorbic acid in plant growth, development, and abiotic stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3), 1832. Doi: https://doi.org/10.3390/ijms250318

APLICACIÓN DE N-ACETIL CISTEÍNA PARA LA BIOESTIMULACIÓN DE PLÁNTULAS DE JITOMATE EN ALMÁCIGO

José Luis Díaz-Nuñez[1]*, David Trujillo-García[1], Carlos-Trejo[1], Ebandro Uscanga-Mortera[1]

[1]Programa de Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados.
* Autor para correspondencia: diaz.jose@colpos.mx

Palabras clave: Aplicación a sustrato, aplicación foliar, fenoles totales.

Introducción

En el contexto de una agricultura moderna que demanda soluciones sostenibles y eficientes, los bioestimulantes son insumos relevantes capaces de mejorar el rendimiento y la resiliencia de especies cultivadas. Estos compuestos de origen natural o sintético presentan efectos positivos en diversos procesos fisiológicos de cultivos, entre ellos la absorción de nutrientes y la tolerancia a diferentes estréses. Dentro de estos metabolitos, la N-acetil cisteína (NAC), un derivado del aminoácido cisteína presente en forma natural en especies del género *Allium*, tiene propiedades antioxidantes, antimicrobianas y funciones como regulador fisiológico de respuesta a factores adversos en plantas cultivadas. La aplicación exógena de NAC demostró ser efectiva para mitigar el impacto desfavorable causado por estrés de tipo abiótico y biótico en cultivos como arroz y maíz, y mejorar su productividad (dos Santos *et al.*, 2024).

En el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), considerado uno de los cultivos hortícolas más importantes en el mundo por su valor nutricional y demanda comercial, la aplicación foliar de NAC redujo el daño causado por la infección de *Xanthomonas perforans* (Qiao *et al*., 2021), y la inmersión de raíces o la imbibición de semillas en soluciones de NAC disminuyeron la severidad de las enfermedades causadas por la infección de *Ralstonia solanacearum* (Grabowski *et al*., 2021). Además, el tratamiento con NAC es asociado con un aumento en la producción de compuestos fenólicos en raíces, metabolitos secundarios del sistema de defensa de las plantas (Colak *et al*., 2019). Es importante destacar que esta molécula es considerada sustentable, amigable con el ambiente y segura para animales y el ser humano (dos Santos *et al.*, 2024). A pesar de los resultados promisorios, existe pocos estudios que evalúen el potencial bioestimulante de la N-acetil cistínea en cultivos donde se muestre sus efectos positivos en la producción agrícola.

Objetivo

Evaluar el efecto bioestimulante de la N-acetil cisteína en el crecimiento y la acumulación de ácidos fenólicos en plántulas de jitomate en almacigo.

Materiales y métodos

El experimento se llevó acabo en un invernadero del Posgrado de Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgrados, de agosto a septiembre 2023. Se utilizaron semillas de *Solanum lycopersicum* L. variedad Rio Grande. La germinación se realizó en cajas Petri con papel filtro humedecido con tres mililitros de agua destilada, las cajas se colocaron en una cámara germinadora (temperatura de 24 ± 2 °C y humedad relativa de 40 %). Posteriormente, las semillas germinadas fueron trasplantadas en charolas germinadoras de 200 cavidades con vermiculita. El ensayo se realizó en un diseño experimental completamente al azar, aplicando en el sustrato y de manera foliar, a 15 plántulas de jitomate, cinco mililitros de soluciones de 10^{-3} a 10^{-7} molar de N-acetil cisteína, cada siete días durante un mes. Además, se aplicó solución nutritiva de Steiner a 100 %, una vez a la semana en el sustrato y un riego ligero cada dos días. Después de un mes de la emergencia, en las plántulas se determinó la altura (cm), el diámetro del tallo (mm), área foliar (cm^2), número de raíces adventicias y la materia seca de la raíz (g) y del vástago (g). Simultáneamente, en el vástago y raíces se evaluó el contenido de fenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al*., 1999) modificado por el Laboratorio de Fitoquímica del CP, Campus Montecillo. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) para encontrar diferencias significativas entre tratamientos y prueba de medias Tukey ($\alpha < 0.05$, letras) con el propósito de hacer comparaciones.

Resultados y discusión

La aplicación en el sustrato de concentraciones de N-acetil cisteína (NAC) tuvieron un efecto variable en las plántulas de jitomate. Algunos tratamientos promovieron incrementos en la altura, el área foliar, la materia seca del vástago y el contenido de fenoles totales de la raíz (Cuadro 1). Sin embargo, esta

aplicación no tuvo efectos significativos en el diámetro del tallo, el número de raíces adventicias, ni en la materia seca de raíz, al igual que, en el contenido de fenoles totales del vástago. De manera similar, la aplicación foliar de NAC, también mostro efectos variables con algunas concentraciones que modificaron la altura, el diámetro del tallo, el área foliar y el contenido de fenoles totales de la raíz (Cuadro 1). No obstante, esta vía de aplicación no modifico el número de raíces adventicias ni la materia seca de la raíz y del vástago, de la misma forma que, el contenido de fenoles totales del vástago. Es importante señalar, que algunas concentraciones foliares disminuyeron el contenido de fenoles totales de la raíz (Cuadro 1) y del vástago (10^{-5} a 10^{-7} molar), lo que puede sugerir un efecto específico de la dosis sobres la síntesis de compuestos fenólicos.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación al sustrato y foliar de N-acetil cisteína molar en las plántulas de jitomate.

Trata-mientos	Altura (cm)	Área foliar (cm^2)	Materia seca del vástago (g)	Fenoles totales de la raíz (mg de E.A.G. /100 g materia seca)	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Área foliar (cm^2)	Fenoles totales de la raíz (mg de E.A.G. /100 g materia seca)
	Sustrato				Foliar			
Testigo	9.11 ± 0.39 b	33.57 ± 2.30 bc	0.17 ± 0.008 b	32.38 ± 3.18 c	9.38 ± 0.28 d	2.24 ± 0.10 b	30.28 ± 1.91 b	64.0 ± 2.63 b
	N-acetil cisteína (molar)							
10^{-3}	10.74 ± 0.42 a	35.74 ± 1.52 bc	0.22 ± 0.012 ab	63.58 ± 3.68 ab	9.98 ± 0.25 cd	2.78 ± 0.11 a	35.45 ± 2.36 ab	155.49 ± 18.13 a
10^{-4}	10.97 ± 0.42 a	50.72 ± 3.05 a	0.22 ± 0.007 ab	88.45 ± 8.65 a	11.66 ± 0.30 a	3.03 ± 0.11 a	38.18 ± 2.24 ab	147.48 ± 5.06 a
10^{-5}	10.82 ± 0.33 a	44.49 ± 3.62 ab	0.25 ± 0.002 a	38.28 ± 1.12 bc	11.19 ± 0.33 ab	2.86 ± 0.12 a	41.34 ± 2.85 a	50.93 ± 6.75 bc
10^{-6}	11.46 ± 0.21 a	41.72 ± 3.09 abc	0.24 ± 0.005 a	68.64 ± 9.81 a	10.98 ± 0.14 abc	2.86 ± 0.08 a	34.8 ± 1.85 ab	30.07 ± 1.84 c
10^{-7}	11.02 ± 0.31 a	32.89 ± 0.84 c	0.022 ± 0.005 ab	83.39 ± 2.23 a	10.35 0.37 bcd	2.83 ± 0.11 a	31.30 ± 1.73 b	125.55 ± 1.12 a

Media ± Error estándar. Prueba de comparación de medias de test Tukey ($\alpha < 0.05$, letras).

Trabajos previos reportaron que la aplicación foliar de NAC en arroz y el tratamiento del sustrato en maíz incrementaron el rendimiento, atribuyendo estos efectos a una mayor eficiencia en los procesos fotosintéticos (dos Santos *et al*., 2024). Sin embargo, no se observaron cambios significativos en las características morfológicas de las plantas, como en la altura y en el número de hojas. Contrario a estos resultados, en el presente estudio se observó que tanto la aplicación foliar como en el sustrato de NAC, al menos en una de las concentraciones utilizadas, incrementó alguna de las variables morfológicas evaluadas en las plántulas de jitomate.

Los resultados obtenidos en este trabajo, confirman que los tratamientos con NAC pueden modificar tanto el crecimiento como procesos fisiologicos en las plántulas de jitomate. Investigaciones previas como la de Colak *et al*. (2019) han demostrado que, la aplicación de NAC en plántulas de trigo estimula el crecimiento y el contenido de fenoles totales en la raíz. Los resultados anteriores son consistentes con los obtenidos en este estudio, en el que la aplicación foliar y en el sustrato de NAC en plántulas de jitomate, incrementaron el contenido de fenoles en la raíz, sin afectar la materia seca de las mismas. También se observó una disminución en el contenido de estos metabolitos secundarios en el vástago a ciertas concentraciones (10^{-5} a 10^{-7} molar), lo que demuestra que la NAC, puede modular el metabolismo de compuestos fenólicos en relación con el órgano vegetal, la especie y la dosis aplicada.

Conclusiones

La aplicación de N-acetil cisteína representa una alternativa viable como bioestimulante en la producción de plántulas de jitomate, al promover el crecimiento y modificar el contenido de fenoles. Estos resultados sustentan el uso potencial de NAC como herramienta biotecnológica para mejorar la calidad fisiológica de las plántulas, aunque su efectividad puede depender de la concentración aplicada, la vía de administración y la especie.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento “Cambio Climático, Estrés en Plantas y Mitigación”, del Posgrado en Botánica en el Colegio de Postgraduados. J. L. Díaz Nuñez. agradece al Programa de Investigadoras e Investigadores Cátedra-COMECYT-2024 (Folio: RCAT2024-0003).

Referencias bibliográficas

Colak, N., Torun, H., Gruz, J., Strnad, M., Ayaz, F.A., 2019. Exogenous N-Acetylcysteine alleviates heavy metal stress by promoting phenolic acids to support antioxidant defence systems in wheat roots. *Ecotoxicology and Environmental Safety,* 181, 49–59. Doi: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.052

dos Santos, L. N., Cavalcante, L. D. N., Rocha, D. C., Prado, G. S., Coletta-Filho, H. D., & de Souza, A. A. (2024). N-Acetylcysteine in Agriculture: New Insights into Its Effects for Sustainable Crop Management. *PhytoFrontiers*, (ja-Preprint).

Grabowski, C., Eulálio, D., Constantino, V. R. L., Tronto, J., & Mizubuti, E. S. G. (2021). N-acetylcysteine, a biofilm disruptor, formulated as a layered nanomaterial for the control of bacterial wilt in tomato. *ACTA HORTICULTURAE*. Doi: 10.17660/ActaHortic.2021.1316.10

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In Methods in enzymology (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press. Doi: https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Qiao, K., Liu, Q., Xia, Y., & Zhang, S. (2021). Evaluation of a small-molecule compound, N-acetylcysteine, for the management of bacterial spot of tomato caused by copper-resistant *Xanthomonas perforans*. *Plant disease*, 105 (1), 108-113. Doi: https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-0928-RE

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE CACAO POR GRUPO GENÉTICO PARA LA OBTENCIÓN DE MOLÉCULAS PLATAFORMA

Julio César Díaz-Solís[2], Keven Velázquez-De León[2], José Luis Solís-Bonilla[1]*, Biaani Beeu Matínez-Valencia[1], Guillermo López-Guillen, Leobardo Iracheta-Donjuan[1], Oscar Martín Antúnez-Ocampo[3], Moisés Alonso-Báez[1]

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870, Tuxtla Chico, Chiapas. [2]Tecnológico Nacional de México, Campus Tapachula, Tapachula, Chiapas, México. C. P. 30700, [3]INIFAP, Campo Experimental Iguala, Km. 2.5, Carretera Iguala - Tuxpan, Tuxpan, Iguala de la independencia, Guerrero. C.P. 4000.
*Autor para correspondencia: solis.joseluis@inifap.gob.mx

Palabra clave: Bioproductos, economía circular, sostenibilidad.

Introducción

Las características fisicoquímicas de los frutos de cacao suelen estar influenciadas por el origen genético, condiciones climáticas y geográficas, el estado de maduración, manejo postcosecha y el cuidado del agricultor. Dado que la agroindustria del cacao genera gran cantidad de residuos durante la cosecha y poscosecha, cuya gestión inadecuada, podría contaminar el agua y el aire como fuente de propagación y dispersión de enfermedades de importancia sanitaria para el mismo cultivo como la pudrición negra y la moniliasis; además, contribuye al cambio climático y afecta los ecosistemas. Por ello, una gestión adecuada de estos residuos contribuye el ahorro de materias primas, la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sostenible (Leonardo, 2024). El aprovechamiento del fruto de cacao termina una vez que se extrajeron las semillas, los demás componentes se considera material no aprovechable, por lo que representa un área potencial para la valorización de los residuos. Por lo anterior, en el presente trabajo se planeó caracterizar residuos de cáscara de cacao de tres grupos genéticos como potencial fuente de moléculas plataforma, componentes clave en la química verde y la bioeconomía, ofreciendo alternativas sostenibles y versátiles a los productos químicos tradicionales.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa en las instalaciones del Laboratorio de Bioenergía. El material biológico correspondió a frutos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de tres grupos genético forastero, criollo y trinitario provenientes de las parcelas experimentales ubicados en el mismo Campo Experimental y parcelas con productores cooperantes. Se determinó la dureza del fruto con el método descrito por Brezmes Llecha (2001). Se uso durómetro con un pistón de 11 mm. El pH se realizó de acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-013-SCFI-2006. Se realizó la determinación de lignina, celulosa y hemicelulosa la metodología de Carrier *et al*. (2011), la norma ANSI (1977), con adecuaciones y Park *et al*. (2017). Para la extracción en la cáscara, se utilizó la metodología de Herald *et al*. (2012), posteriormente se determinó la concentración de fenoles y flavonoides de residuos de cáscara y lixiviado utilizando la metodología de Singleton y Rossi (1965) y Chen *et al*. (2023). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y los análisis se realizaron empleando el software estadístico Rbio: biometria no R versión 171: 15/09/2022 (Bhering, 2017), una herramienta en biometría basada en la plataforma R y mediante el paquete estadístico R versión 3.5.1 (R Core Team 2018).

Resultados y discusión

El Cuadro 1, muestra los resultados de las características fisicoquímicas de la biomasa utilizada, el cacao criollo y trinitario presentan una mayor dureza con 27.53 ± 0.08 Kgf y 24.31 ± 2.54 Kgf, respectivamente, presentando una diferencia significativa con el cacao forastero con 16.76 ± 2.80 Kgf. Esta dureza puede estar vinculada con el contenido de lignina, ya que representa un aporte significativo en las propiedades mecánicas de la estructura vegetal, siendo la cáscara del cacao un material leñoso rígido. En cuestión de celulosa, el cacao forastero con 39.02 ± 1.61% presenta diferencia significativa en comparación con el criollo (35.17 ± 0.62%) y trinitario (33.89 ± 0.74%), la hemicelulosa fue el componente lignocelulósico que en menor cantidad se presentó y de acuerdo al análisis estadístico no representaron diferencias significativas. Los valores de lignina son mayores en el cacao criollo (35.41 ± 0.25%), seguido del trinitario

(32.23 ± 0.32%) y en menor porcentaje se encontró en el forastero (28.65 ± 0.13), siendo una posible razón por la que este último grupo presento menor dureza de fruto.

Cuadro 1. Relación de las características estructurales de la biomasa vegetal proveniente del fruto de cacao.

Grupo genético	Dureza (Kgf)	pH	Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)
Criollo	27.53 ± 0.08 a	5.42 ± 0.09 b	35.41 ± 0.25 a	35.17 ± 0.62 b	12.01 ± 2.62 a
Forastero	16.76 ± 2.80 b	5.61 ± 0.03 a	28.65 ± 0.13 c	39.02 ± 1.61 a	8.30 ± 1.5 a
Trinitario	24.31 ± 2.54 a	5.76 ± 0.04 a	32.23 ± 0.32 b	33.89 ± 0.74 b	12.02 ± 1.12 a
Media	22.87	5.60	32.10	36.03	10.78
C.V.	9.41	1.11	0.78	3.03	17.28

CV= Coeficiente de variación, Medias con diferente letra en la misma columna son diferentes estadísticamente (p < 0.05).

En cuanto a los metabolitos secundarios, fenoles y flavonoides, el cacao del grupo genético trinitario predomina con 108.27 ± 16.64 mg/L y 3,103.16 ± 7.43 mg/L, respectivamente, seguidos por el cacao forastero 77.44 ± 0.39 mg/L y 2,663.17 ± 15.94 mg/L, y en menor cantidad el cacao criollo, 26.63 ± 3.9 mg/L y 1,296.98 ± 20.26 mg/L (Cuadro 2). Esta composición puede atribuirse al resultado de la interacción de factores genéticos, ambientales y de manejo, influyendo tanto en las características sensoriales del producto, junto a moléculas igualmente importantes como los alcaloides y los compuestos fenólicos (Vázquez-Ovando *et al*., 2016; Tee *et al*., 2021).

Con respecto al lixiviado de cacao criollo (3.38 ± 0.02) y forastero (3.4 ± 0.03) no presentan diferencias significativas en cuanto pH, pero si con el trinitario (2.9 ± 0.005) que es ligeramente más ácido que las otras dos variedades. Para los grados Brix, los tres grupos presentaron diferencias significativas, siendo el trinitario de mayor contenido (13.90 ± 0.02 °Bx), seguido de criollo (13.36 ± 0.05 °Bx) y forastero (11.95 ± 0.05°Bx). En otros estudios se han reportado valores de 17 °Bx para criollo, 15.7 °Bx para trinitario y 15 °Bx en forastero, estos valores suelen variar principalmente por el estado de maduración y variedad dentro de grupos genéticos. Los tres grupos genéticos presentan diferencias significativas en compuestos fenólicos y flavonoides, el criollo presenta una mayor cantidad de fenoles (366.40 ± 3.57 mg/L), seguido del trinitario (274.48 ± 9.79 mg/L) y forastero (252.74 ± 8.04 mg/L); mientras que en el contenido de flavonoides el grupo criollo destaca con 561.54 ± 7.66 mg/L, seguido de forastero (210.84 ± 10.32) y trinitario (54.13 ± 0.67 mg/L).

Cuadro 2. Compuestos fenoles y flavonoides presentes en la cáscara de cacao y lixiviado.

Grupo genético	Cáscara de cacao		Lixiviado de cacao			
	Fenoles (mg/L)	Flavonoides (mg/L)	pH	°Brix	Fenoles (mg/L)	Flavonoides (mg/L)
Criollo	26.63 ± 3.9 c	1,296.98 ± 20.26 c	3.38 ± 0.02 a	13.36 ± 0.05 b	366.40 ± 3.57 a	561.54 ± 7.66 a
Forastero	77.44 ± 0.39 b	2,663.17 ± 15.94 b	3.4 ± 0.03 a	11.95 ± 0.05 c	252.74 ± 8.04 c	210.84 ± 10.32 b
Trinitario	108.27 ± 16.64 a	3,103.16 ± 7.43 a	2.9 ± 0.005 b	13.90 ± 0.02 a	274.48 ± 9.79 b	54.13 ± 0.67 c
Media	70.78	2354.44	3.23	13.07	297.87	275.50
C.V.	13.95	0.66	0.65	0.35	2.25	2.7

CV= Coeficiente de variación, Medias con diferente letra en la misma columna son diferentes estadísticamente (p < 0.05).

Estos compuestos fenólicos y flavonoides (moléculas plataforma) pueden ser aprovechados para la obtención de bioproductos como bioherbicidas, bioestimulantes, bioinsecticidas, Biochar, entre otros. Los residuos de cacao ya no deben considerarse desperdicios, sino recursos con alto potencial de aprovechamiento para integrarse en la circularidad de los procesos productivos de la cadena de valor del cacao ofreciendo alternativas sostenibles y versátiles a los productos tradicionales.

Conclusiones

El contenido lignocelulósico en la cáscara de los tres grupos genéticos, en promedio, fue de 32.10% de lignina, 36.03% de celulosa y 10.78% de hemicelulosa. En cuanto a los compuestos fenólicos, el trinitario destacó por su mayor contenido de fenoles y flavonoides, caso contrario con el cacao criollo. En el caso de lixiviado, el criollo mostró una mayor concentración de estos compuestos. No obstante, la concentración de estos metabolitos fue menor en comparación con la cáscara.

Referencias bibliográficas

Brezmes Llecha, J. (2001). Diseño de una nariz electrónica para la determinación no destructiva del grado de maduración de la fruta [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya]. Repositorio Institucional UPC. https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94188

Carriere, M., Loppinet-Serani, A., Denux, D., Lasnier, J. M., Ham-Pichavant, F., Cansell, F., y Aymonier, C. (2011). Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass. Biomass and Bioenergy, 35(2), 298–307. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.08.067

Leonardo; el arte de gestionar los residuos. Cómo contribuyen los residuos al desarrollo sostenible y al cambio climático internet. Disponible en: https://www.leonardo-gr.com/es/blog/la-importancia-de-una-gesti-n-adecuada-de-los-residuos-para-la-salud-p-blica-y-el-medio/. 2024.

Park, C. W., Han, S. Y., Choi, S. K., y Lee, S. H. (2017). Preparation and properties of holocellulose nanofibrils with different hemicellulose content. BioRes. 12(3), 6298-6308.

R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical com-puting. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.http://www.R-project.org/

EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE PIRÓLISIS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOCHAR DE CÁSCARA DE CACAO

Julio César Díaz-Solís[2], Keven Velázquez-De León[2], José Luis Solís-Bonilla[1]*, Biaani Beeu Matínez-Valencia[1], Leobardo Iracheta-Donjuan[1], Oscar Martín Antúnez-Ocampo[3], Luis Antonio Flores-Hernández[3], Morfa Hilda Carrasco-Contreras[2]

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870, Tuxtla Chico, Chiapas. [2]Tecnológico Nacional de México, Campus Tapachula, Tapachula, Chiapas, México. C. P. 30700, [3]INIFAP, Campo Experimental Iguala, Km. 2.5, Carretera Iguala - Tuxpan, Tuxpan, Iguala de la independencia, Guerrero. C.P. 4000.
*Autor para correspondencia: solis.joseluis@inifap.gob.mx

Palabra clave: Carbón vegetal, enmienda, producción sostenible.

Introducción

El Biochar puede ser una posibilidad para contribuir a aminorar la pérdida de fertilidad y la degeneración de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (García *et al*., 2014; Trujillo *et al*., 2019) y particularmente la disminución de la materia orgánica, el incremento de la erosión y la degradación física. El biochar es el producto obtenido de la descomposición térmica de materiales orgánicos con escaso o limitado suministro de oxígeno (Pirólisis), a temperaturas inferiores a los 700°C, siendo este usado para fines agrícolas como mejorador del suelo, lo cual lo diferencia del carbón (combustible) y del carbón activado (Escalante *et al*., 2016). Dado que las agroindustrias del cacao y café generan gran cantidad de residuos durante la cosecha y poscosecha, cuya gestión inadecuada, podría contaminar el agua y el aire como fuente de propagación y dispersión de enfermedades de importancia sanitaria para el mismo cultivo, así como para la salud humana y animal; además, contribuye al cambio climático y afecta los ecosistemas. Por ello, una gestión adecuada de estos residuos contribuye el ahorro de materias primas, la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sostenible (Leonardo, 2024). Por lo anterior, en el presente trabajo se tuvo como objetivo obtener Biochar a partir de residuos de cáscara de cacao mediante un proceso de Pirólisis.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa en las instalaciones del Laboratorio de Bioenergía. El material biológico correspondió a residuos de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) de tres grupos genético forastero, criollo y trinitario provenientes de las parcelas experimentales ubicados en el mismo Campo Experimental y parcelas con productores cooperantes. Para cada temperatura y tiempo de obtención de biochar se realizaron tres réplicas con el fin de comparar los resultados. Se utilizó un diseño experimental Box-Behnken con cinco repeticiones en el punto central, dado un total de 51 tratamientos. El diseño experimental fue un completamente al azar con arreglo factorial. En este proceso se realizaron en total tres réplicas por temperatura en el que se usaron tres crisoles de porcelana cada una con 5 g de muestra y se introdujeron en la mufla Felisa modelo FE-340 a 105°C para que fuera incrementando a una velocidad de calentamiento de aproximadamente 8°C/min hasta la temperatura deseada 200°C, 300 °C o 400°C, luego esta temperatura se mantuvo constante por el tiempo de residencia de 60 min, 90 min o 120 min, se utilizó tres estados de biomasa; fresca, semiseca y seca. Las variables respuesta fueron el rendimiento de Biochar, pH, potencial REDOX y C.E. Se realizó el ANOVA, comparación de medias ($p \leq 0.05$), mediante el paquete estadístico R versión 3.5.1 (R Core Team 2018).

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la media de rendimientos de los tratamientos. En el Cuadro 1, se presentan los datos sobre la producción de biochar; el estado de biomasa, el tiempo y temperatura influyeron en el rendimiento y propiedades de biochar de cáscara de cacao. En cuanto a rendimiento, el tratamiento 5 destacó por su alta producción de biochar en biomasa seca logrando un 57.83± 2.490% (200 °C a 90 min). Sin embargo, el tratamiento 4 también presentó buenos resultados, aunque ligeramente inferiores al tratamiento 5, con un rendimiento del 52.4 ± 0.941% (200 °C a 60 min). En cambio, los tratamientos 6 y 12 obtuvieron los rendimientos más bajos, 5.861± 0.243% (400 °C a 120

min) y 3.506 ± 0.579% (400 °C a 90 min), respectivamente. Los resultados del estado de biomasa indican que la biomasa seca en comparación con el estado húmedo y semiseca es el mejor tratamiento para la producción de biochar derivado de cáscara de fruto de cacao.

Cuadro 1. Efecto del tiempo y temperatura sobre la cantidad de biomasa y rendimiento de la obtención del Biochar de cacao

Trat.	Tem	Tiem	EDB	Rendimiento (%)	pH	ORP (mV)	CE (dS/m)
1	400	60	2	20.601 ± 1.810 d	9.58 ± 0.4 bc	-165.5 ± 2.52 abcd	4.534 ± 0.1465 c
2	300	120	1	7.755 ± 0.373 e	9.57 ± 0.19 bc	-143.46 ± 19.45 d	1.264 ± 0.1494 ef
3	300	90	2	24.675 ± 1.979 d	9.99 ± 0.12 ab	-180.56 ± 12.85 ab	1.852 ± 0.0934 def
4	200	60	2	52.408 ± 0.941 ab	7.72 ± 0.27 d	-37.53 ± 11.59 f	1.707 ± 0.2462 def
5	200	90	3	57.839 ± 2.490 a	7.54 ± 0.06 d	-35.83 ± 0.55 f	2.241 ± 0.2495 de
6	400	120	2	5.861± 0.243 e	10.44 ± 0.1 a	-192.43 ± 12.6 a	8.749 ± 1.173 a
7	400	90	3	20.499 ± 1.572 d	10.01± 0.05 ab	-177.06 ± 4.25 abcd	6.027 ± 0.5163 b
8	300	90	2	25.530 ± 0.488 d	9.62 ± 0.38 abc	-153.2 ± 2.6 bcd	1.791 ± 0.179 def
9	200	90	1	23.237 ± 8.045 d	6.60 ± 0.27 e	0.266 ± 5.08 g	0.74 ± 0.074 f
10	300	90	2	25.144 ± 2.672 d	9.43 ± 0.13 bc	-159.80 ± 12.5 abcd	2.083 ± 0.208 de
11	300	120	3	37.230 ± 1.028 c	9.89 ± 0.51 ab	-173.9 ± 1.82 abcd	2.203 ± 0.22 de
12	400	90	1	3.506 ± 0.579 e	8.88 ± 0.45 c	-106.53 ± 13.15 e	5.582 ± 0.558 bc
13	300	90	2	25.188 ± 1.979 d	9.98 ± 0.47 ab	-183.8 ± 26.74 ab	1.955 ± 0.195 def
14	200	120	2	46.601 ± 5.482 b	7.71 ± 0.20 d	-45.56 ± 10.24 f	1.544 ± 0.154 def
15	300	90	2	24.258 ± 1.032 d	9.98 ± 0.15 ab	-180.03 ± 6.24 abc	1.938 ± 0.193 def
16	300	60	1	10.598 ± 1.107 e	9.46 ± 0.19 bc	-146.06 ± 14.70 cd	1.013 ± 0.101 ef
17	300	60	3	37.539 ± 0.233 c	9.88 ± 0.09 ab	-173.3 ± 1.53 abcd	2.64 ± 0.264 d

Tem: temperatura; Tiem: tiempo (minutos); EDB: Estado de biomasa (1 húmeda, 2 semi-seca y 3 seca); ORP: potencial de óxido reducción; CE: conductividad eléctrica. Medias con diferente letra en la misma columna son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$).

En cuanto a pH y conductividad eléctrica (CE), el tratamiento 6 mostró valores muy alcalinos y con valores altos de CE (10.44 ± 0.1 y 8.749 ± 1.173 dS/m, respectivamente a 400 °C) mientras que el tratamiento 9 tuvo un valor ligeramente ácido (6.60 ± 0.27 y 0.74 ± 0.074 dS/m, respectivamente a 200 °C); este fenómeno se relaciona con la temperatura, a medida que la temperatura estos valores aumentan, el biochar presenta valores más alcalinos de pH debido a que los compuestos orgánicos se van degradando y dan paso a los compuestos inorgánicos; este fenómeno también se relaciona con la conductividad eléctrica (CE), las referencias científicas indica que el biochar utilizado como enmiendas del suelo son alcalinos. Sin embargo, se han reportado valores de pH de biocarbón entre 3.1 y 12 y se han registrado valores de CE 0.04 dS/m hasta 54.2 dS/m.

En el caso del potencial redox (ORP), valores positivos indican un medio oxidante y valores negativos indican medios reductores; es decir, la capacidad de ganar o perder electrones está estrechamente relacionado con el pH del suelo. El redox se puede considerar como un paralelo al pH, que mide la disponibilidad de protones, mientras que redox mide la disponibilidad de electrones. Los resultados obtenidos indican que a medida que el pH aumenta, el potencial redox tiende a volverse más reductor (por ejemplo, el tratamiento 6 y 13). Los resultados de redox se pueden clasificar en condiciones oxidantes, débilmente reductoras, moderadamente reductoras y fuertemente reductoras (> 400, 200 a 400, -100 a 200 y < -100 mV, respectivamente); Los potenciales redox inferiores a −100 mV indican entornos anaeróbicos, mientras que los valores superiores a 100 mV indican entornos aeróbicos. Las propiedades finales del biochar de cáscara de cacao están influenciadas por el estado de la biomasa antes de la pirólisis, siendo la biomasa seca la más favorable. La temperatura es otro factor determinante en sus características, ya que, a mayor temperatura, se observa un incremento en el pH, por ende, una tendencia reductora y valores altos de conductividad eléctrica.

Conclusiones

El biochar de cáscara de cacao, obtenido mediante proceso de pirólisis media (1.5 h) y temperaturas bajas (200 ºC) es un material de pH alcalino (pH 7) con rendimiento de transformación de 57%. El análisis de biochar de cacao resultó en un potencial REDOX dentro del rango adecuado y con diferencias significativas entre en los tratamientos. Para su posible uso en suelos agrícolas es recomendable realizar estudios sobre la respuesta en plantas en fase de vivero y posteriormente en campo.

Referencias bibliográficas

Díaz-Oviedo, A. F., Ramón-Valencia, B. A., & Moreno-Contreras, G. G. (2021). Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados. Revista de Investigación Desarrollo E Innovación, 12(1), 97-106. https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n1.2022.14211

Escalante A, Pérez G, Hidalgo C, López J, Campo J, Valtierra E, Etchevers J. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. A.C. México. Terra Latinoamericana. 2016; 34(3): 367-382.

García Fernández, S. (2022). Caracterización de lignina de cáscara de cacao como fuente de moléculas de alto valor agregado [Universidad Autónoma de Chapingo]. https://repositorio.chapingo.edu.mx/handle/123456789/1763

García C, Rosas JG, Sánchez ME, Pascual JE, Hernández MT. Enmiendas orgánicas de nueva generación: Biochar y otras biomoléculas. Madrid: Editorial Mundi-Prensa; 2014.

Leonardo; el arte de gestionar los residuos. Cómo contribuyen los residuos al desarrollo sostenible y al cambio climático internet. Disponible en: https://www.leonardo-gr.com/es/blog/la-importancia-de-una-gesti-n-adecuada-de-los-residuos-para-la-salud-p-blica-y-el-medio/. 2024.

R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical com-puting. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.http://www.R-project.org/

Trujillo A Enmer., Christian Eduardo Valencia A., María Cecilia Alegría A., Alejandrina Honorata Sotelo M. Production and chemical characterization of biochar from organic agricultural waste. Rev Soc Quím Perú. 85(4) 2019

IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA NUEZ PECANERA PRODUCIDA EN DURANGO

Donaji Sierra-Zurita[1], Rigoberto Rosales-Serna[1], Omar Castor Ponce-García[2*], Cristo Omar Puente-Valenzuela[3]

[1]Campo Experimental Valle del Guadiana CIRNOC, INIFAP. [2]Campo Experimental Delicias CIRNOC, INIFAP. [3]CENID-RASPA, INIFAP.
*Autor para correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Carya illinoensis*, nutrición, calidad alimenticia.

Introducción

La nuez pecanera [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] es una especie perenne apreciada en Durango, por ser considerada como un cultivo de fácil manejo agronómico y valor alto del producto en el mercado local, nacional e internacional. En Durango, se tienen 10 mil 399 ha plantadas con huertas de nogal en las que se producen 11 mil 297 t de nuez a razón de 1.5 t ha^{-1} (SIAP, 2025). Se ha establecido que la nuez producida en Durango muestra deficiencia en la calidad comercial y nutricional, derivado del cultivo de esta especie en suelos delgados, arenosos y con capacidad limitada de retención de humedad. Además, los suelos muestran niveles variables de degradación físico-química, por lo que su pH es de 7.9 a 8.2, lo cual limita la disponibilidad de algunos nutrientes como el fósforo, hierro, cobre y zinc. Lo anterior, en combinación con las interacciones (sinergismo y antagonismo) establecidas entre macro y micro elementos, modifican las propiedades nutricionales y organolépticas de la nuez producida en Durango.
La producción de nuez pecanera respondió al incremento en la demanda y al interés para la apertura de nuevos mercados, que se relacionan con el estilo de vida saludable y prevención de enfermedades cardiovasculares, hipertensión y diabetes (Vázquez y López, 2016). Las enfermedades cardiovasculares, son la principal causa de muerte, por lo que el consumo de frutos secos, principalmente de nueces, puede ayudar a su prevención. Las nueces contienen compuestos esenciales, entre los que se incluyen ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados, proteínas, fibra, vitamina E y K, compuestos fenólicos, magnesio y otros minerales importantes para la salud humana. La fertilización puede ayudar en el mejoramiento de la calidad comercial, fortalecimiento de la absorción de minerales y acumulación de compuestos bioactivos en la nuez producida en Durango. Con ello, mejorarán las propiedades funcionales de este producto que ha adquirido notoriedad en la dieta cotidiana de la población mexicana. El objetivo principal del presente estudio fue determinar la importancia de la fertilización en la calidad nutricional de la nuez pecanera producida en Durango.

Materiales y métodos

En 2024, se estableció un estudio en una huerta comercial de nogal pecanero localizada en José Refugio Salcido, Durango (23° 56' 32" N-104° 31' 39" O y una altitud de 1 870 m). La huerta cuenta con árboles de la variedad “Western Schley” (80%) y “Wichita” (20%) de 24 años de edad. El diseño de plantación es marco real, con distancias 12 x 12 m (70 árboles ha^{-1}). El suelo predominante del sitio es franco-arcilloso, pH 7.6 y contenido de materia orgánica muy bajo (0.6%). El sistema de riego es por gravedad y se aplican entre siete y ocho riegos durante el ciclo de producción (febrero-noviembre). Se aplicaron tres tratamientos de fertilización química: T1 dosis baja (180-30-61), T2 dosis media (200-50-100) y T3 dosis alta (220-100-150) (N-P_2O_5-K_2O) y el testigo del productor. La fertilización se llevó a cabo utilizando productos solubles, los cuales fueron distribuidos en siete oportunidades en dilución, aplicadas directamente al suelo (drench). La cosecha se realizó cuando la nuez estaba madura, posterior a la apertura del ruezno, en las dos últimas semanas de noviembre. Se utilizó vibración mecánica y posteriormente, se realizó el beneficio mecanizado y manual de la nuez para su limpieza total y clasificación por tamaño. Al terminar el proceso de beneficio y clasificación, se tomaron muestras aleatorias de un kg, para la extracción de las almendras y determinación de su composición nutrimental. La composición de la almendra se evaluó mediante el análisis químico proximal, para cuantificar el porcentaje de grasa, proteína, fibra, extracto libre de nitrógeno y ceniza (AOAC, 1990). Además, se determinó su concentración nutrimental, el nitrógeno total por el método de Micro-Kjeldahl, el fósforo con la técnica de colorimetría en un espectrofotómetro (Jenway 73 UV/VIS) a una longitud de onda de absorción máxima de 490 nm y el resto de los elementos se determinó por espectrometría de absorción atómica (Analyst700, Perkin Elmer®, México). Se utilizó un diseño

experimental completamente aleatorio con cinco repeticiones, donde cada árbol fue considerado como unidad experimental. El análisis de varianza y comparación de medias se realizó mediante el paquete estadístico Statgraphics versión plus 5.1.

Resultados y discusión

Compuestos nutricionales. El contenido de lípidos fue mayor en el tratamiento testigo (71.8%), mientras que la dosis baja de fertilización favoreció un contenido inferior (50.1%) (Cuadro 1). Los valores de grasa cruda fueron similares a los obtenidos en estudios previos, donde se estableció una amplitud desde 68.6 a 78.1% (Luna y Guerrero, 2012; Zahra *et al*., 2021; Estrada *et al*., 2023). Se observó variación considerable entre árboles, para el contenido de lípidos y otros compuestos, como resultado de la altura y la edad; así como, por la alternancia, lo que causó diferencias fuertes entre tratamientos, para todas las variables evaluadas. El contenido de proteína fue mayor en la dosis media (10.4%); mientras que, el tratamiento testigo mostró el valor más bajo para el nivel proteico (8.4%). Los valores fueron similares al promedio reportado en otros estudios con nuez, en los que se obtuvo un nivel medio de 9.6% (Luna y Guerrero, 2012). En otros estudios, realizados en Durango, se observaron valores de contenido proteíco entre 9.5 y 11.5% (Estrada *et al*., 2023). Se puede apreciar que, la variación del fertilizante nitrogenado influyó en el contenido de proteína, ya que dicho elemento es necesario para la conformación de este compuesto. Además, el nitrógeno es indispensable para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, por lo que, una fertilización adecuada con N favorece el rendimiento, calidad y propiedades físico-químicas de la nuez (Wan *et al*., 2023).

La fertilización aplicada por el productor causó niveles bajos de proteína en la nuez; mientras que, los valores altos de aplicación de nutrientes minerales favorecieron la acumulación de carbohidratos en lugar de ácidos grasos. Por esa razón, también se registró contenido alto de fibra en la dosis baja de fertilización (6.0%); mientras que, la dosis alta mostró valor bajo de este compuesto (2.6%). Lo anterior, se relacionó con la sencillez para la acumulación de carbohidratos en los frutos vegetales; mientras que, los lípidos requieren procesos fisiológicos adicionales para su elaboración. Se puede decir que la dosis media de fertilización es la más apropiada para la producción de nuez, porque favorece un balance entre la acumulación de carbohidratos y lípidos en la almendra, lo cual influye también en la proporción de proteína. El contenido de cenizas fue mayor en la dosis media (1.6%), mientras que, la dosis alta de fertilización mostró el valor más bajo (0.8%). El valor más alto fue superior al reportado previamente (1.3%) (Luna y Guerrero, 2012), lo cual, se relacionó con una acumulación superior de minerales. Lo anterior, pudo derivarse de las propiedades físico-químicas del suelo, interacción entre nutrientes y además, se ha observado que en suelos arcillosos se registra acumulación alta de minerales y cenizas en los tejidos vegetales.

Cuadro 1. Composición fisicoquímica de la nuez pecanera en Durango variedad Western Schley.

Dosis de Fertilización	Lípidos (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Extracto Libre de Nitrógeno (%)
Baja	50.1	9.2	6.0	1.4	33.3
Media	70.4	10.4	5.6	1.6	12.1
Alta	67.3	9.0	2.6	0.8	20.2
Testigo	71.8	8.4	4.3	1.2	14.3

El ELN (carbohidratos) fue mayor en la dosis baja de fertilización (33.3%), mientras que, la dosis media (12.1%) y el testigo (14.3%) mostraron los valores más bajos de carbohidratos. La competencia más fuerte entre compuestos orgánicos, que se acumulan en la nuez, parece establecerse entre lípidos y carbohidratos, especialmente en los años de productividad baja, en los que se observa incremento de estos compuestos (31.4%), comparado con los años de productividad alta (28.9%) (Flores *et al*., 2016). En otros estudios se observaron valores entre 32.1 y 34.0%, dependiendo de la variedad y valores entre 17.8 y 69.5%, dependiendo del número de semanas después de la fecha de floración (Bouali *et al*., 2023). Existe la posibilidad de que, en el tratamiento de alta fertilidad, se haya favorecido el crecimiento vegetativo y acumulación de fotoasimilados en ramas y tallos, con ello se retrasó la removilización de éstos a los frutos en crecimiento y su posterior transformación en lípidos. En Durango, la llegada del periodo con temperaturas bajas, fotoperiodo corto y reducción de la disponibilidad de agua (lluvia y riego) se presenta

a partir del mes de octubre, lo que limitó los procesos fisiológicos para la transformación de carbohidratos en lípidos y otros compuestos, presentes en la nuez pecanera. Es importante destacar que, la nuez pecanera sobresale entre los alimentos de origen vegetal, debido a su alto contenido de grasas y proteínas; así como, un bajo porcentaje de carbohidratos, el cual, depende de la variedad y año de producción, esto último por efecto de la alternancia (Montoya *et al*., 2010).

Acumulación de minerales. La acumulación de minerales mostró valores estadísticamente similares entre tratamientos de fertilización, de esta manera, el contenido de nitrógeno de la almendra fue mayor en el tratamiento testigo (1.3%), mientras que en el resto de los tratamientos se registró un valor de 1.2% (Cuadro 2). El contenido de fósforo fluctuó entre 0.19%, en la dosis media de fertilización y 0.23% (dosis baja y alta de fertilización). El contenido de calcio fluctuó entre 0.09 (mayoria de los tratamientos) y 0.10 (dosis alta). El contenido de Mg fluctuó entre 0.04 (dosis baja) y 0.05 (mayoría de los tratamientos). En el caso del manganeso se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos y la dosis alta de fertilización mostró el valor más alto con 175.6 ppm, la dosis baja (143.6 ppm) y dosis media (148.1 ppm) valores intermedios; mientras que, el valor más bajo lo presentó el testigo (126.0 ppm). El contenido de hierro fue mayor en el tratamiento testigo (47.0%), mientras que el resto de los tratamientos mostraron valores entre 35.2 ppm y 36.6 ppm. La respuesta observada para el caso del hierro y manganeso, fue influenciado por la aplicación adicional de potasio, ya que se ha observado sinergia cuando se aplica este mineral durante la fertilización.

Cuadro 2. Concentración mineral en almendra de nuez pecanera con diferente tratamiento de fertilización química en Durango.

Dosis de Fertilización	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)
Baja	1.2	0.23	0.33	0.09	0.04	31.9	143.6 ^{b}	36.6
Media	1.2	0.19	0.34	0.09	0.05	34.3	148.1 ^{b}	35.4
Alta	1.2	0.23	0.35	0.10	0.05	31.9	175.6 ^{a}	35.2
Testigo	1.3	0.22	0.34	0.09	0.05	33.8	126.0 ^{c}	47.0
C.V. (%)	7.0	11.4	8.5	4.6	8.5	6.8	12.7	24.0

Promedios (n=3). $^{a\text{-}c}$Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (Tukey, p <0.05).

Conclusiones

La fertilización influyó en la composición nutricional de la nuez pecanera, aunque las diferencias no fueron significativas, por la respuesta variable de los árboles diferentes en edad, altura y alternancia productiva. Se consideró que la fertilización tradicional es suficiente para mantener sin cambio significativo la calidad nutritiva de la nuez en Durango; al mismo tiempo que, se mantienen sin cambio los costos de producción, se conserva la acumulación de minerales y únicamente el manganeso presenta niveles bajos sin la aplicación adicional de fertilizante. Se debe considerar que, la acumulación de manganeso, en los alimentos humanos, disminuye padecimientos relacionados con deficiencias de este mineral.

Referencias bibliográficas

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis of AOAC. International. Fruits and Fruit Products. Washington, USA. pp: 829-830.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2025). Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ (Marzo 2025).

Vázquez, N. D. C. R., & López, R. U. (2016). Nuez pecanera en México. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, AC (CIATEJ). 111 p.

DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN CULTIVARES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN RESPUESTA A LA DENSIDAD Y FECHA DE SIEMBRA

Gustavo García-Hernández[1], Rogelio Araujo Díaz[1], Gaspar Estrada-Campuzano[2]*, Carlos Gustavo Martínez-Rueda[2], José Antonio López-Sandoval[2]

[1]Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales-Universidad Autónoma del Estado de México. CP. 50295. (ggarciah@uaemex.mx; raraujod@uaemex.mx). [2]Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Autónoma del Estado de México. CP. 50295. (cgmartinezr@uaemex.mx; jalopezsa@uaemex.mx).
*Autor para correspondencia: gestradac@uaemex.mx

Palabras clave: *Zea maíz* L., densidad de población, número de granos.

Introducción

Actualmente el éxito en la producción de maíz se fundamenta en el incremento de plantas por unidad de superficie, así como el incremento en la dosis de fertilización. En algunas regiones el cambio climático ha limitado la disponibilidad de recursos. Actualmente en Valles Altos de México, se utilizan en gran medida cultivares nativos, de gran adaptabilidad. Mientras que, los cultivares híbridos tienen mayor tolerancia a altas densidades de siembra. En el Valle de Toluca se tiene registro de algunos trabajos previos, pero con otro enfoque metodológico y otros materiales genéticos diferentes al que aquí se plantea. Con base en lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres fechas de siembra, cuatro densidades y cuatro cultivares sobre los caracteres morfológicos y fisiológicos que determinan el rendimiento de grano en maíz.

Materiales y métodos

Ubicación y diseño experimental. El experimento se realizó en la Facultad de Ciencias Agrícolas, dependiente de la Universidad Autónoma del Estado de México al norte de la ciudad de Toluca, durante el ciclo agrícola primavera - verano 2022. Se evaluaron tres fechas de siembra: 1ª semana de los meses de: marzo, abril y mayo. En cada fecha se sembraron cuatro cultivares de maíz; dos híbridos utilizados en la región (Faisán® y Cherokee® y dos cultivares nativos de la región de Valles Altos (Nativo Blanco y Amarillo Zanahoria) utilizando cuatro densidades 50 000, 60 000, 70 000 y 80 000 plantas ha^{-1}. La parcela experimental estuvo formada por cuatro camas separadas a 80 cm con una longitud de 5 m cada una. Los tratamientos del arreglo factorial densidad x cultivar se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en donde cada fecha se consideró como un ambiente en particular.

Condiciones generales del experimento. El maíz sembrado en los meses de marzo y abril contó con un riego inicial mientras que, la siembra de mayo se condujo en condiciones de secano. El cultivo se mantuvo durante todo el ciclo libre de malezas mediante un control mecánico y químico. No hubo restricciones nutricionales, por lo que, en la siembra se fertilizó con la fórmula 69-46-60 y posteriormente a los 70 días de siembra se fertilizó con el tratamiento de 138-0-0.

Producción de biomasa, rendimiento y sus componentes. En madurez fisiológica de los dos surcos centrales de cada parcela, se contaron las mazorcas y se trillaron por separado para obtener el peso seco del grano (rendimiento), número de mazorcas m^{-2}, número de granos por mazorca y número de granos por m^2 y número de mazorcas por planta. Mientras que, el peso de 1 000 granos se determinó al contar y pesar 1 000 granos de cada unidad experimental. La materia seca de cada estrato hojas y tallo principal, se determinó después de secarse en una estufa de aire forzado durante 72 horas a 60 °C para obtener los componentes fisiológicos biomasa e índice de cosecha.

Resultados y discusión

En la Figura 1. Se observa la respuesta de los cuatro cultivares a la densidad de población para las tres fechas de siembra, en ella se observa que en la siembra de marzo y abril los cultivares híbridos superaron a los cultivares nativos en el rendimiento de grano (Figura 1a y Figura 1b) mientras que, en la siembra de mayo el cultivar “Nativo Blanco” con 80 000 plantas ha^{-1} mostró mayor rendimiento de grano por m^2 (Figura 1c).

Los aumentos en el rendimiento de grano de maíz se han atribuido a incrementos en la densidad de siembra al generar una mayor producción de biomasa m^{-2} (Hütsch and Schubert, 2017). En este trabajo, los cambios en el rendimiento de grano al considerar el cultivar, la fecha y densidad de siembra se explicaron

principalmente por los cambios en la producción de biomasa a madurez (Figura 2a) y no por el índice de cosecha, el cual mostró mayor estabilidad como ha sido reportado en trabajos previos (Trachsel *et al*., 2016) (Figura 2b)**.** El mayor rendimiento de grano se observó en la siembra de mayo, la cual se considera como fecha tardía para la región de Valles Altos de México y coincidió con mayor producción de biomasa a madurez (Figura 2b). Coincidiendo con Tadeo *et al*., (2015), al observar mayores rendimientos de grano con Criollo Ixtlahuaca y H-50 teniendo como fecha de siembra el 17 de mayo y cosecha a 177 y 160 días 8.5 t ha^{-1} y 7. 4 t ha^{-1}, respectivamente.

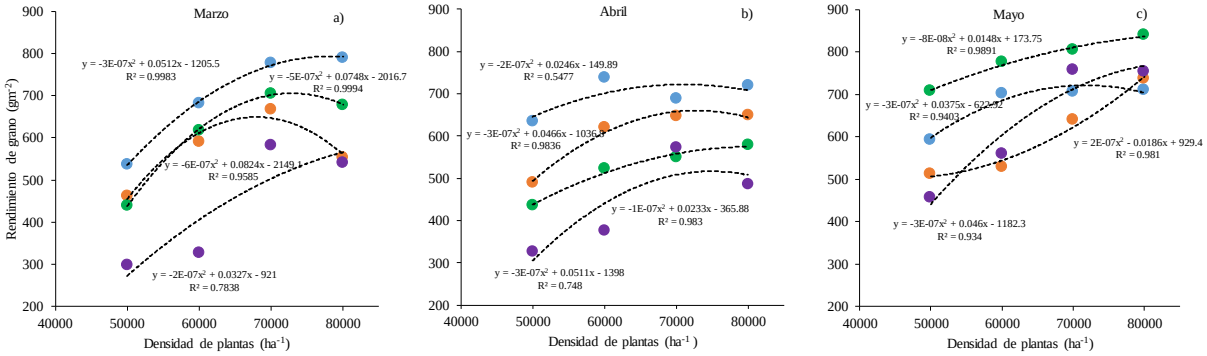


Figura 1. Relación entre el rendimiento de grano y la densidad de plantas para cuatro cultivares de maíz cultivado en cuatro densidades y tres fechas de siembra en Toluca, México. Círculos (azul: Faisán, naranja: Cherokee, verde: Nativo Blanco, morado: Amarillo Zanahoria).

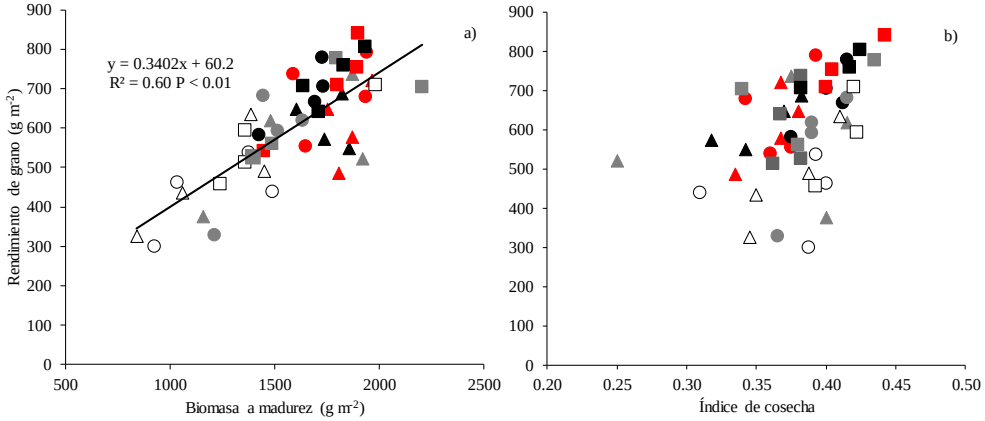


Figura 2. Relación entre el rendimiento de grano m^{-2} y la biomasa a madurez (a) e índice de cosecha (b) para cuatro cultivares de maíz cultivado bajo cuatro densidades de plantas en tres fechas de siembra en Toluca, México. (Triángulo: siembra de abril, círculo: siembra de marzo, cuadrado: siembra de mayo. Color Blanco: 50 000, gris: 60 000, negro: 70 000 y rojo: 80 000 plantas ha^{-1}).

Los resultados muestran que los cambios en el rendimiento de grano al considerar la fecha de siembra y densidades se explicaron principalmente por cambios en el número de granos por m^2 (r^2=0.65, P<0.01; Figura 3a) no así en el peso de 1 000 granos (Figura 3b). Previamente, se observó en fechas de siembra tardías 30 de abril y densidades de 62 000 y 92 000 plantas ha^{-1} una mayor intercepción de radiación, promoviendo un mayor número de granos por m^2 (Contreras *et al.,* 2012). Por último, Quiroz *et al*., (2017), observaron en maíces híbridos con altas densidades un rendimiento de 10.03 t ha^{-1} atribuible a mayor número de granos por m^2.

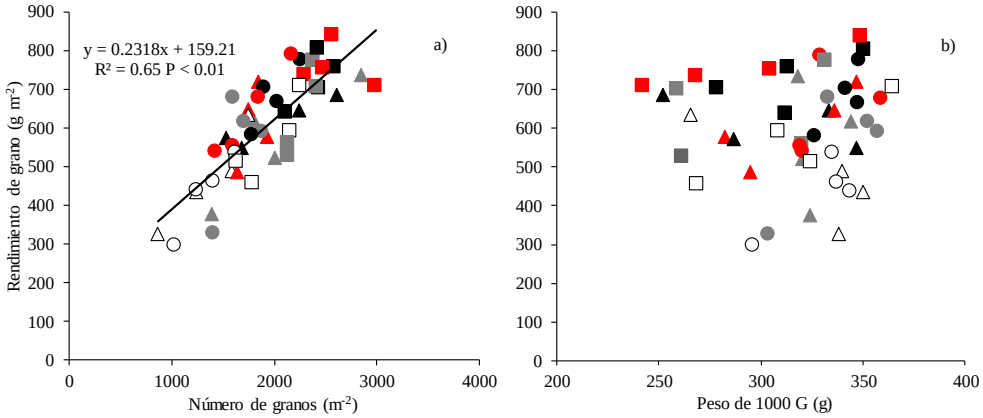


Figura 3. Relación entre el rendimiento de grano m^{-2} y el número de granos m^{-2} (a) y el peso de 1 000 granos (b) para cuatro cultivares de maíz cultivados bajo cuatro densidades de plantas en tres fechas de siembra en Toluca, México. (Triángulo: siembra de abril, círculo: siembra de marzo, cuadrado: siembra de mayo. Color Blanco: 50 000, gris: 60 000, negro: 70 000 y rojo: 80 000 plantas ha^{-1}).

Conclusiones

El maíz sembrado en mayo presentó el mayor rendimiento de grano. La densidad de 80 000 plantas ha^{-1} fue superior en cuanto al rendimiento de grano. El híbrido Faisán presentó el mayor rendimiento de grano con 6.8 t ha^{-1}. La interacción fecha x cultivar x densidad reveló el mayor rendimiento de grano 8.3 t ha^{-1} en la siembra mayo, con el cultivar “Nativo Blanco” y una densidad de 80 000 plantas ha^{-1}.

Agradecimientos

El autor agradece al CONAHCYT y al CIMMYT el apoyo para concluir sus estudios de doctorado en la Plataforma de Transferencia de Tecnología de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Referencias bibliográficas

Contreras, R, A., Martínez, R, C, G., and Estrada, C, G. (2012). Eficiencia en el uso de la radiación por híbridos de maíz de Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *35*(2), 161-169.

Hütsch, B. W. and Schubert, S. (2017). Harvest Index of Maize (Zea *mays* L.): Are There Possibilities for Improvement? *Advances in Agronomy*, 37–82. doi:10.1016/bs.agron.2017.07.004.

Quiroz, M, J., Pérez, L, D de J., González, H, A., Rubí, A, M, Gutiérrez, R, F., Franco M, J, R, P., and Ramírez, D, J, F. (2017). Respuesta de 10 cultivares de maíz a la densidad de población en tres localidades del centro mexiquense. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *8*(7), 1521-1535.

Tadeo, R, M., Zamudio, G, B., Espinosa, C, A., Turrent, F, A., Cárdenas, M, A, L., López, L, C., Arteaga, E, I. and Valdivia, B, R. (2015). Rendimiento de maíces nativos e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades calor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1), 33-43.

Trachsel, S., San Vicente, F., Suarez, E., Rodríguez, C., and Atlin, G. (2016). Effects of planting density and nitrogen fertilization level on grain yield and harvest index in seven modern tropical maize hybrids (Zea mays L.). *The Journal of Agricultural Science*, 154(4), 689-704. doi:10.1017/S0021859615000696.

CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS DE CALIDAD Y CONTENIDO DE NUTRIENTES EN FRUTOS DE MANZANO GOLDEN GLORY MEDIANTE DOS MÉTODOS DE ANÁLISIS

Ricardo Ochoa-Almazan[1], Omar Cástor Ponce-García[2*], Jesús Manuel Ochoa-Rivero[3], Alejandro Palacio-Márquez[1], Linda Citlalli Noperi-Mosqueda[3], Juan Manuel Soto-Parra[3]

Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales[1], Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Delicias[2], Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrotecnologicas[3].
*Autor para correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Membrana selectiva, calcio, nitratos.

Introducción

El cultivo del manzano (*Malus domestica*) es uno de los frutales más conocidos y consumidos en el mundo, sin embargo, se estima que presenta mayores pérdidas de calidad después de la cosecha (Viñas *et al.*,2013). Estas pérdidas de calidad se deben a enfermedades como el "Bitter pit", la cual, se ha especulado que está relacionada a desequilibrios nutricionales en fruto, especialmente con el calcio (Torres, 2018). Para prevenir estos desequilibrios, se utiliza el análisis de nutrientes en fruto, en el cual, las muestras son colectadas en campo y enviadas al laboratorio para su análisis. Esta metodología implica tiempo, por lo que no es posible realizar correcciones en tiempo y forma. Una alternativa para conocer el estatus nutricional de los frutos es el uso de equipos de membrana selectiva, como el medidor Horiba, que permite una valoración rápida del estado nutrimental (Torres, 2018). A pesar de esto, actualmente no se cuenta con información suficiente que permita determinar la correlación entre el contenido nutrimental y la calidad del fruto de manzano, a través de la metodología convencional y con membrana selectiva. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue correlacionar el contenido de nutrientes en fruto por la metodología convencional y de membrana selectiva y su relación con los parámetros de calidad en frutos de manzana Golden glory.

Materiales y métodos

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola 2024 en un huerto comercial ubicado en la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua, México, con coordenadas 28.796155 N y 107.027194 O. Se trabajó con árboles de la variedad Golden glory de 8 años, a una densidad de 2250 árboles por hectárea e irrigada mediante sistema de riego por goteo. La fertilización consistió en una formulación 70-30-40 + 60 CaO.

Se implementó un diseño completamente al azar con 72 repeticiones. Como unidad experimental se consideró un árbol, del cual, se colectaron 10 frutos. Para conocer el contenido de nutrientes, las muestras se partieron por la mitad y se analizaron por la metodología convencional y de membrana selectiva. La medición con los equipos de membrana selectiva se realizó con el jugo de los frutos y se analizó el contenido de NO_3, K^+ y Ca^{+2} a través de los equipos HORIBA®. Para la metodología convencional, las muestras se lavaron, secaron y se enviaron al laboratorio de agua y suelo del CENID RASPA, donde se analizó el contenido de potasio (K) y (Ca) por la metodología de absorción de llama y el nitrógeno (N) por la metodología de Kjeldahl (Ponce *et al*., 2020). Para determinar la calidad de los frutos de manzana, se midió el peso de los frutos (g), firmeza (lb in^2), solidos solubles totales (ºBrix) y acidez titulable (% de ácido málico) de acuerdo a las metodologías propuestas por la NOM NMX-FF-061-2003.

Para evaluar la relación de los nutrientes por la metodología convencional y membrana selectiva, se realizó una correlación canónica de Pearson (n=72); Para los parámetros de calidad y contenido de nutrientes por membrana selectiva se realizó una correlación canónica de Pearson (n=72). Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el paquete estadístico SAS 9.4.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta la correlación entre los nutrientes presentes en los frutos; nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca) y los iones potasio (K^+), (Ca^{2+}) y nitratos (NO_3^-). Se observó una correlación positiva significativa entre el N y el K (r = 0.658, p= 0.0001), así como entre el nitrógeno y el ion potasio (r = 0.597, p = 0.0001). Esto sugiere que niveles altos de nitrógeno en el fruto están asociados con mayores concentraciones de potasio. También se detectó una correlación que, aunque débil es significativa entre el K y el K^+ (r = 0.111, p = 0.0001), lo que indica que la metodología de membrana selectiva puede predecir

el contenido de potasio total en fruto. Por otra parte, se encontraron correlaciones negativas significativas entre el Ca y los NO_3^- (r = -0.227, p = 0.05), así como entre los NO_3^-y Ca^{+2} (r = -0.3496, p = 0.0026). Esta relación podría indicar una posible competencia entre el calcio y el nitrato, ya que la presencia de nitratos dentro del fruto puede provocar una deficiencia de calcio y esto a su vez provoca problemas fisiológicos como el bitter pit en manzanas (Torres, 2018).

Cuadro 1. Correlación canónica de Pearson entre nutrientes en el fruto de manzana.

	N	K	Ca	NO_3^-	K^+	Ca^{+2}
N	1	0.658** <0.0001	0.0315 0.7925	0.1461 0.2206	0.5970** <0.0001	-0.1201 0.3151
K		1	0.0283 0.8135	0.1096 0.3591	0.1110** <0.0001	0.1275 0.2857
Ca			1	-0.2270* 0.0500	-0.1716 0.1495	0.2000 0.0900
NO_3^-				1	-0.0422 0.7128	-0.3496* 0.0026
K^+					1	-0.1206 0.3127
Ca^{+2}						1

**, *: significativo al 1 y 5%, respectivamente.

Además, en la correlación entre parámetros físico-químicos del fruto de manzana (Cuadro 2), se encontró una correlación positiva significativa entre la firmeza del fruto y el contenido del calcio iónico (r= 0.524, p= 0.05). Dentro de las funciones fisiológicas del calcio dentro del fruto, se encuentra el fortalecimiento de la pared celular, por lo que el tener mayor presencia de iones de calcio, se dispone de mayor firmeza del fruto. Autores como Torres (2018), indican que dentro del desarrollo de metodologías para predicción de Bitter pit, el monitoreo del calcio libre es una buena alternativa. Otra correlación encontrada fue la del contenido de potasio libre (k^+), los sólidos solubles totales (r =0.559, p = 0.05) y la acidez titulable (r = 0.537, p = 0.05). Esta correlación sugiere que una mayor disposición de potasio en el fruto se asocia a una mayor concentración de azucares. Además, el nivel más alto de acidez no solo influye con el perfil del sabor, sino también en su comercialización, ya que estos parámetros están relacionados con el estado de madurez, un aspecto contemplado por la NOM NMX-FF-061-2003, que estable los criterios de calidad para su entrada en el mercado.

Por último, se vuelve a presentar la correlación (Cuadro 2) entre calcio libre (Ca^{+2}) y los nitratos (r = -0.509, p = 0.05), coincidiendo con la relación reportada anteriormente (Cuadro 1) y reafirmando una posible competencia entre estos nutrientes. Así mismo, este comportamiento podría producir una deficiencia de calcio, aunque a diferencia de lo dicho por Dias *et al*., (2007), al momento de la fertilización se tiene en una correlación positiva entre los nitratos y el calcio ya que mejora la absorción y fijación en las paredes de este, en este caso en el cultivo del banano, se disminuyó considerablemente la aparición de machas en el fruto por la deficiencia de calcio.

Conclusiones

La metodología de membrana selectiva mostró una relación entre la medición del ion potasio y el k total, por lo que puede ser usado como un predictor de este nutriente. No se encontraron relaciones significativas entre el contenido de calcio y nitratos. Finalmente, se encontró que la medición del ion calcio tiene una relación con la firmeza de los frutos, la cual se puede ver reducir por el alto contenido de nitrógeno.

Cuadro 2. Correlación entre parámetros físico-químicos del fruto de manzana.

	Firmeza	SST	AT	Peso	NO_3^-	K^+	Ca^{+2}
Firmeza	**1**	0.080 0.229	-0.298 0.131	0.370 0.723	-0.138 0.584	-0.349 0.155	0.524***** 0.025
SST		**1**	0.452 0.409	0.207 0.099	0.001 0.996	0.559***** 0.016	-0.190 0.449
AT			**1**	0.156 0.536	0.086 0.732	0.537***** 0.021	-0.297 0.231
Peso				**1**	-0.010 0.966	0.303 0.222	-0.017 0.945
NO_3^-					**1**	0.426 0.077	-0.509***** 0.031
K^+						**1**	-0.320 0.195
Ca^{+2}							**1**

**, *: significativo al 1 y 5%, respectivamente

Agradecimientos
Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por los recursos aportados necesarios para realizar la presente investigación.

Referencia Bibliográfica

Viñas, M. I., Usall, J., Echeverría, G., Graell, J., Lara, I., & Recasens, D. I. (2013). Poscosecha de pera, manzana y melocotón. Madrid: Mundiprensa.

Torres, E. (2018) Desarrollo de métodos de predicción de la incidencia de 'bitter pit' en plantaciones de manzanas 'Golden Smoothee' (*Malus domestica*, L. Borkh.)[Tesis doctoral, Universidad de Lleida]. Repositorio del campus ULl. http://hdl.handle.net/10803/665244

Toselli, M., Baldi, E., Ferro, F., Rossi, S., & Cillis, D. (2023). Smart farming tool for monitoring nutrients in soil and plants for precise fertilization. *Horticulturae*, *9*(9), 1011. https://doi.org/10.3390/horticulturae9091011

Ponce-García, O. C., Soto-Parra, J. M., Noperi-Mosqueda, L. C., Álvarez-Holguín, A., Ochoa-Rivero, J. M., & Holguín-Gutiérrez, F. (2020). Producción y calidad de manzana Golden Delicious por efecto de la fertilización con macronutrientes. *Ciencia e Innovación*, 3(2), 575–580.

Díaz, A., Cayón, G., & Mira, J. J. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la "mancha de madurez" del fruto de banano: Una revisión. Agronomía Colombiana, 25(2), 280–287.

INTERACCIÓN FECHA DE SIEMBRA POR VARIEDAD EN LA BIOMASA SECA DE COMPONENTES DE PLANTA DE SOYA

Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá-Rico[1]*, Nicolás Maldonado-Moreno[1], Edgar Guadalupe Castillo-Carreón[2], Odilon Gayosso-Barragan[3], Ulises Aranda-Lara[4], Ricardo Avilés-Ruiz[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIRNE, Campo Experimental Las Huastecas, Altamira, Tamaulipas. [2]Profesionista independiente, Altamira, Tamaulipas. [3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID, Agricultura Familiar, Ojuelos de Jalisco, Jalisco. [4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIRCE, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato.
*Autor para correspondencia: alcala.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Glycine max*, peso seco, variedad.

Introducción

La soya es un cultivo originario del este de Asia, considerada como la leguminosa más importante a nivel mundial por su producción de aceite comestible y proteína, contiene aminoácidos esenciales que no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano, además se utiliza para diversos productos industriales (Chen *et al*., 2012; Jumrani y Bhatia, 2020; Medic *et al*., 2014). Así mismo, su grano contiene vitaminas, flavonoides y polisacáridos valiosos (Chen *et al*., 2012). En México existe una gran demanda por el grano de soya. El desarrollo y producción de la soya depende de muchos factores. A través del mejoramiento genético se integran características deseables que permiten la adaptabilidad a las regiones de interés, así como el incremento en el rendimiento. Estas características están conformadas por los componentes de la planta, como lo son las hojas, tallo, vainas y raíz. La planta de soya a través de las hojas puede convertir la energía solar en energía biológica por medio de fotosíntesis, por lo que la captura de luz puede influir directamente en el peso seco de las hojas (Huang *et al*., 2019). Así mismo, la fotosíntesis y los parámetros relacionados (intensidad lumínica, temperatura, concentración de dióxido de carbono, disponibilidad de agua, etc.) tienen una asociación directa con el rendimiento del cultivo (Jumrani *et al*., 2017). Por otra parte, el tallo determina las etapas reproductivas y el desarrollo de nuevas ramas, hojas y nódulos (Purcell *et al*., 2014). Las vainas son un factor importante en la determinación del rendimiento y la calidad del grano (He *et al*., 2023). Otra característica de la soya son sus raíces, las cuales crecen durante todo el ciclo del cultivo, excepto en la etapa fenológica R8 y son de vital importancia en el desarrollo de las plantas, ya que son las responsables de suministrar agua y nutrientes (Mandal *et al*., 2009). Por lo tanto, la producción de materia seca y distribución de la misma en los componentes que conforman la planta está relacionada con el incremento positivo de altura, número de nudos, volumen y calidad del producto, obteniendo como resultado un mayor rendimiento de semillas (Cui y Yu, 2005; Marcelis *et al*., 1998; Viana *et al*., 2019). Sin embargo, el rendimiento no solo está determinado por el genotipo, también influye el ambiente y la interacción genotipo por ambiente (Pedersen y Lauer, 2004). Con respecto al ambiente, las fechas de siembra tienen un efecto en el crecimiento, desarrollo y producción de materia seca, lo cual repercute en el rendimiento de la soya (Jumrani y Bhatia, 2020). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la interacción de fechas de siembra por variedad en la biomasa seca de componentes de soya.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas con coordenadas 22.565925° latitud N y -98.164888 longitud O. Se evaluaron siete variedades de soya desarrolladas por el CEHUAS del INIFAP, las cuales fueron: Huasteca 100, Huasteca 200, Huasteca 300, Huasteca 400, Tamesí, Huasteca 600 y Huasteca 700. Para la preparación del terreno se realizó labranza convencional que consistió en un barbecho, dos pasadas de rastra y surcado a una distancia de 76 cm entre surcos. La siembra se realizó a una densidad de 250,000 plantas ha^{-1}. Se establecieron tres fechas de siembra: 6 de julio de 2022 (FS1), 20 de julio de 2022 (FS2) y 3 de agosto de 2022 (FS3). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron las tres fechas de siembra y la parcela chica las siete variedades de soya. Cada parcela chica constó de dos surcos de 4 m. En la etapa fenológica R5 se tomó el peso seco de hoja, tallo,

raíz y vainas en gramos. Para medir la biomasa producida, las plantas fueron separadas en tallos, hojas, vainas y raíces. Los datos se analizaron a través de un análisis de varianza y gráficos de interacción. El software utilizado fue R versión 4.5.

Resultados y discusión

De acuerdo con el análisis de varianza se determinó que el peso seco de tallo, hojas, vainas y raíz presentaron diferencias significativas (P≤0.01) en la fuente de variación fecha de siembra por variedad.

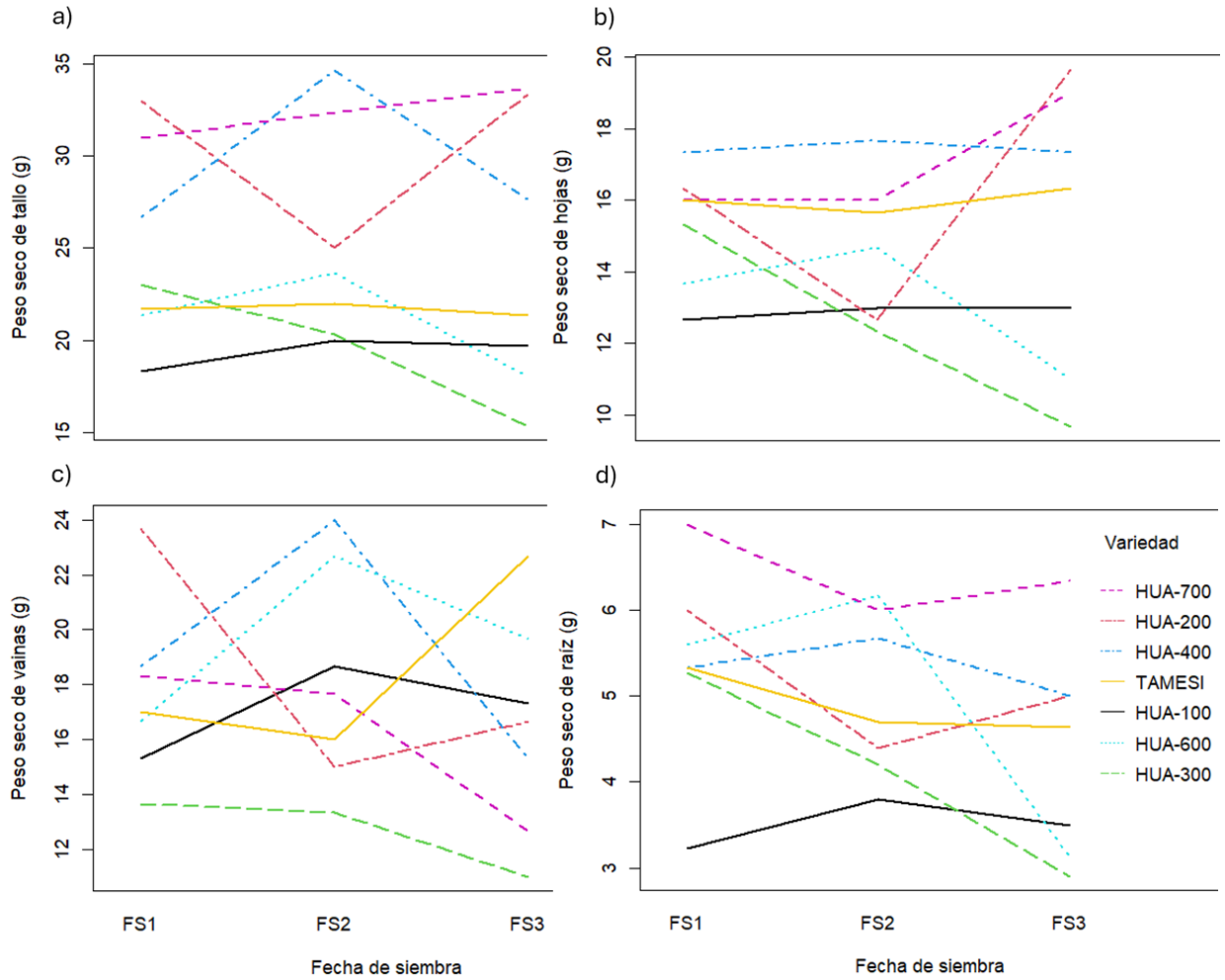


Figura 1. Interacción fecha de siembra por variedad en la biomasa seca de componentes de planta de soya. a) peso seco de tallo; b) peso seco de hojas; c) peso seco de vainas; d) peso seco de raíz.

Con respecto al peso seco de tallo, las variedades con mayor estabilidad fueron Huasteca 100 y Tamesí. Las variedades que destacaron por presentar los más altos valores fueron la Huasteca 400 en la segunda fecha de siembra, Huasteca 700 en la tercera fecha de siembra y la Huasteca 200 en la primera y segunda fecha de siembra con valores de 33 a 35 g. En lo que se refiere a la huasteca 600 y Huasteca 300 tuvieron su mejor comportamiento a través de la segunda y primera fecha de siembra, respectivamente (Figura 1a). En las tres fechas de siembra se aplicaron los riegos de acuerdo con las necesidades hídricas de las plantas, cabe mencionar que a partir de la segunda fecha de siembra la precipitación fue mayor, lo cual no influyó para algunas variedades. Esto difiere con Barrios *et al*. (2014) quienes mencionaron que la biomasa aérea está relacionada con el contenido hídrico del suelo.

En el peso seco de hojas, las variables más estables fueron Tamesí, Huasteca 100 y Huasteca 400. Sin embargo, esta última tuvo el mayor peso, superando a Tamesí y Huasteca 100 en 25 y 35%, respectivamente. De manera específica, la variedad Huasteca 200 y Huasteca 700 obtuvieron el mayor

peso en la tercera fecha de siembra, superando al resto de variedades en las distintas fechas de siembra. Por otro lado, la Huasteca 600 tuvo su mejor comportamiento en la segunda fecha de siembra. Así mismo, la Huasteca 300 mostró un mejor desempeño en la primera fecha de siembra (Figura 1b). De acuerdo con Huang *et al*. (2019), una mayor biomasa de hojas incrementará la superficie de contacto con la luz solar, provocando mayor potencial fotosintético.

A cerca del peso seco de vainas, las variedades tuvieron un comportamiento diferente en cada fecha de siembra. En esta variable sobresalió la variedad Huasteca 400 en la segunda fecha de siembra, seguido de la Huasteca 200 que destacó en la primera fecha de siembra, así como la Huasteca 600 al sembrarse en la segunda fecha y Tamesí al establecerse en la última fecha. El promedio de estas variedades superó al resto en 30%. Por otra parte, la Huasteca 100 tuvo un mejor comportamiento en FS2, Huasteca 300 en FS1 y Huasteca 700 también en FS1 (Figura 1c).

Mientras tanto, en el peso seco de raíz, las variedades Huasteca 100, Huasteca 400 y Tamesí fueron las más estables. En cuanto a la Huasteca 700, sobresalió al presentar los mayores valores de esta variable al sembrarse en la primera fecha de siembra. Cabe señalar que cada variedad tuvo un mejor desempeño en ambientes distintos. El 57% de la variedad presentó el mayor peso al sembrarse en la primera fecha de siembra. El 43% tuvo un mejor desempeño en la segunda fecha de siembra (Figura 1d). En relación con lo anterior, Barrios *et al*. (2014) mencionan que el desarrollo de las raíces está influenciado por el ambiente en el suelo, refiriéndose a la densidad aparente, porosidad, aireación, humedad, temperatura, y materia orgánica. Así mismo, Janiak *et al*. (2016) indican que el desarrollo radicular depende de la composición genética particular del genotipo y de su expresión génica.

Conclusiones

La interacción fecha de siembra por variedad influye en la biomasa de los distintos componentes que conforman las plantas de variedades de soya. En este sentido, la Huasteca 700 sobresalió al haber presentado los mayores valores en el peso seco de tallo, hoja y raíz al sembrarse el 3 de agosto de 2022. Siendo esta misma fecha, la que permitió un buen desempeño de la Huasteca 200 para peso seco de tallo y hoja, sin embargo, a través de la siembra del 6 de julio de 2022 obtuvo el más alto valor de peso seco de vainas.

Referencias bibliográficas

Barrios, M. B., Buján, A., Debelis, S. P., Sokolowski, A. C., Blasón, Á. D., Rodríguez, H. A., López, S. C., De Grazia, J., Mazo, C. R. and Gagey, M. C. (2014). Relación de raíz/biomasa total de Soja (Glycine max) en dos sistemas de labranza. Terra Latinoamericana, 32(3), 221–230.

Huang, W., Ratkowsky, D. A., Hui, C., Wang, P., Su, J. and Shi, P. (2019). Leaf Fresh Weight Versus Dry Weight: Which is Better for Describing the Scaling Relationship between Leaf Biomass and Leaf Area for Broad-Leaved Plants? Forests 2019, Vol. 10, Page 256, 10(3), 256. https://doi.org/10.3390/F10030256

Janiak, A., Kwaśniewski, M. and Szarejko, I. (2016). Gene expression regulation in roots under drought. Journal of Experimental Botany, 67(4), 1003–1014. https://doi.org/10.1093/JXB/ERV512

Jumrani, K. and Bhatia, V. S. (2020). Influence of different light intensities on specific leaf weight, stomatal density photosynthesis and seed yield in soybean. Plant Physiology Reports, 25(2), 277–283. https://doi.org/10.1007/S40502-020-00508-6/METRICS

Viana, J. S., Melo, J. P. R. de, Silva, J. C. de A., Gonçalves, E. P., Lima, J. J. P. and Júnior, W. R. T. (2019). Plant biostimulant on the production of biomass and yield grain of soybean: Bioestimulante vegetal e períodos de corte na produção de biomassa e rendimentos de grãos de soja. Diversitas Journal, 4(3), 1105–1118. https://doi.org/10.17648/DIVERSITAS-JOURNAL-V4I3.842

DINÁMICA DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES EN NOGAL PACANERO *(Carya illinoinensis* [Wangenh] K. Koch) EN LA REGIÓN CENTRO SUR DE CHIHUAHUA

Luis Andrés Mendez-Gaytan[1], Omar Castor Ponce-García[2]*, Donaji Sierra-Zurita[3], Cristo Omar Puente-Valenzuela[4], Alejandro Palacio-Márquez[1], Carlos Abel Ramírez-Estrada[1]

Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales[1], Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Delicias[2]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Valle del Guadiana[3].Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA[4].
*Autor para correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Extracción, nutriente, nogal.

Introducción

En el estado de Chihuahua, el nogal pacanero (*Carya illinoinensis [Wangenh*] K. Koch) representa un pilar para la economía agrícola de la región debido a que la producción alcanzada en el año 2023 ha posicionado al estado como el mayor productor nacional de nueces del país siendo que dicha producción representa el 59.71 % del total nacional (SIAP, 2024).

En la actualidad, los costos asociados a la fertilización del cultivo del nogal representan aproximadamente el 41.8 % del costo de producción, por esta razón es fundamental implementar estrategias de fertilización más eficientes, tanto en cuanto al momento de aplicación como a la cantidad utilizada (Diaz, 2025). Para lograr una mayor eficiencia en el manejo nutrimental del cultivo, es necesario conocer la extracción de nutrientes que demanda el cultivo durante sus fases fisiológicas, esto permite identificar los periodos de mayor absorción y demanda de cada elemento y proporcionárselos en el punto crítico de extracción para evitar aplicaciones a destiempo que perjudican la producción final o se pierdan por procesos de lixiviación o volatilización (Avitia *et al*., 2014). El objetivo del presente trabajo es generar curvas de crecimiento y extracción de nutrientes (N, P, K) y determinar los niveles de extracción que se generan dependiendo de las fases fisiológicas del cultivo con distintos métodos de fertilización.

Materiales y método

El presente trabajo se realizó en una nogalera ubicado en Nuevo San Lucas, Meoqui, Chihuahua. Se trabajó en una huerta de 45 años de edad, con árboles de variedad western a una distancia de 12 m entre árboles. Se realizaron 7 riegos (1.6 m), distribuidos durante el ciclo. La fertilización empleada fue 157-114-52 distribuida en 3 aplicaciones (pre brotación, amarre y llenado de futo).

Diseño experimental: se implementó un diseño completamente al azar con 18 repeticiones y se tomó como unidad experimental un árbol, del cual se colectaron 13 nueces tomadas a una altura media de la copa, realizado en cincos ocasiones a lo largo del ciclo productivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fechas de toma de muestras.

Muestras recabadas	Fecha de toma de muestras	Días después de plena floración	Etapa de crecimiento del fruto
Primer muestreo	08/05/2024	23	R5. ‘’Desarrollo temprano de la nuez’’
Segundo muestreo	06/06/2024	52	R6 ‘’Desarrollo rápido de la nuez’’
Tercer muestreo	06/07/2024	82	R8 ‘’Inicio de llenado parte comestible’’
Cuarto muestreo	19/08/2024	126	R9 ‘’Llenado de la parte comestible’’
Quinto muestreo	25/09/2024	163	R10 ‘’Fin llenado parte comestible’’

(Frusso, 2018)

Las variables evaluadas fueron peso de fruto y acumulación de nutrientes.
Peso de fruto. Al momento de recolectar las muestras se procedió a tomar el peso en fresco utilizando una balanza analítica y posteriormente dicha muestra fue colocada en una bolsa de papel e introducida en una estufa a 70*C durante 24 horas, posteriormente se tomó el peso y se colocó nuevamente en estufa por 30 minutos para garantizar una humedad estable, el resultado se toma como peso seco.
Acumulación de nutrientes: La concentración de N, P, K, Ca y Mg en nuez se determinó mediante los resultados del laboratorio representados en porcentaje de nutriente en peso seco de muestra a mg de nutriente por nuez mediante la utilización de la siguiente formula:

$$mg\ de\ nutriente\ por\ nuez = ((peso\ seco\ (gr) * \%\ de\ nutriente)(10))$$

Análisis estadístico. Para analizar la tendencia de los datos se realizó una regresión no lineal. Se seleccionaron los modelos más simples, con mejor ajuste de regresión y que cumpliera los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Los datos que no cumplieron los supuestos, se convirtieron por medio del logaritmo natural o la raíz cuadrada. Todo el análisis estadístico se realizó por medio del programa SigmaPlot12.0.

Resultados y discusión
Se obtuvo como resultado el aumento de peso que sufría el fruto a lo largo de su desarrollo (peso fresco como el peso seco), además se obtuvo la acumulación de nutrientes (NPK) en el fruto a lo largo de su desarrollo, el eje x (DPPF) de las gráficas mostradas a continuación representan los días posteriores a la floración.

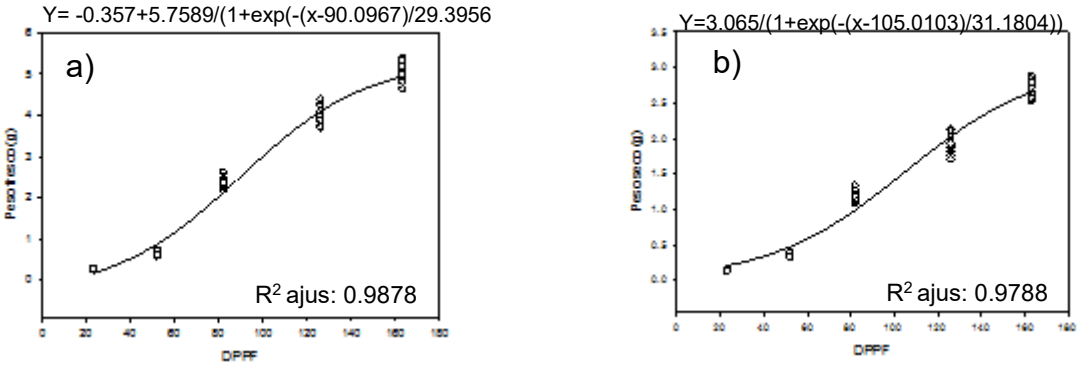


Figura 1. a) *Raíz cuadrada peso fresco Ecuación: Sigmoidea, 4 parámetros, b) *Raíz cuadrada peso seco Ecuación: Sigmoidea, 3 parámetros.

El comportamiento que presentan los nutrientes N, P y K a lo largo del crecimiento del fruto se acerca a una ecuación polinómica, cuadrática en donde, la acumulación inicial presenta un comportamiento exponencial a lo largo de los primeros 80 días posteriores a plena floración, transcurrido este periodo de tiempo se observa una desaceleración en la acumulación de estos nutrientes hasta casi llegar a detenerse por completo en el muestreo final (Figura 2).

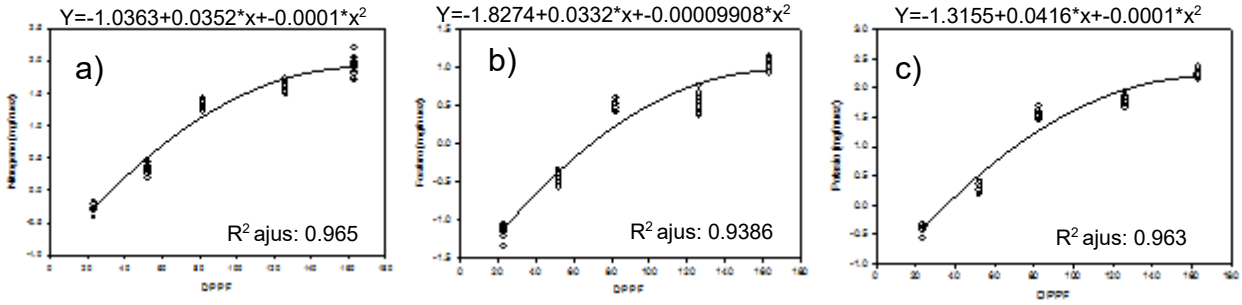


Figura 2. Dinámica de acumulación de a) nitrógeno, b) fósforo y c) potasio en frutos con ruezno mediante *Logaritmo natural, ecuación: polinómica, cuadrática.

La acumulación que presenta los nutrientes (N, P y K) van en un constante aumento, donde la etapa de mayor acumulación se desarrolla al final del crecimiento del fruto como en el caso de N que acumulo en total 88.87 mg nuez^{-1} y cerca del 54.41 % fue depositado entre el periodo 126-163 DPPF, el P se comportó de manera similar ya que los primeros tres muestreos presentó una acumulación lenta y durante el muestreo 4 al muestreo 5 se acumuló el 69 % del P presente en la nuez con ruezno, continuo la tendencia con K donde los últimos 48 días de desarrollo se acumula cerca del 65 % del total.

El desarrollo del fruto lo explica Frusso (2018), donde plantea 10 fases de desarrollo, dichas etapas son similares a las curvas, entre el muestreo 1-2 se observa un crecimiento lento de la nuez, esta etapa es planteada por Frusso como fase R5 y ocurre en las primeras dos semanas de desarrollo de la nuez donde se presenta un lento desarrollo. Este comportamiento se puede atribuir a una rápida división celular y una lenta elongación que ocurre después del cuajado del fruto y tiene una duración de unos cuantos días a un par de semanas dependiendo del cultivo (Fenn y Giovannoni, 2021). Los muestreos 2,3 y 4 de la curva manifiesta un crecimiento acelerado coincidiendo con las etapas R6, R7, y R8 que plantea el comienzo del desarrollo rápido de crecimiento en un estado acuso y el inicio del proceso de formación de la cascara endurecida, en donde aumenta el proceso de elongación y disminuye la división celular, por lo cual es posible observar un aumento rápido del peso causado por la acumulación de líquidos y engrosamiento de estructuras en las células, finalmente podemos determinar que el periodo del muestreo 4-5 se encuentran en las etapas R9 y R10 ya que el desarrollo de la almendra se da en estas etapas y en la curva se puede observar que el crecimiento comienza a desacelerar, ya que la elongación y división celular cesan sus procesos (Frusso, 2018; Fenn y Giovannoni, 2021).

Conclusiones

Las curvas de crecimiento y extracción presentaron un desarrollo diferente, probablemente influido por el efecto de dilución que presentan los frutos a lo largo del desarrollo, mientras que la acumulación en nutrientes sigue una tendencia similar al desarrollo fisiológico del fruto. Estos resultados sugieren que la concentración de nutrientes la mayoría de las veces no estará relacionada con el crecimiento y la acumulación de los nutrientes sigue una tendencia similar a otros cultivos.

Agradecimiento

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por los recursos aportados necesarios para realizar la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J., Castillo-González, A. M., Trejo-Téllez, L. I., Corona-Torres, T., & Cervantes-Urbán, E. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(3), 519-524. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000300015&lng=es&tlng=es.

Diaz-Aguirre J. (2025). Sistema de costos agrícolas Resumen de costos Chihuahua. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Portal FIRA - Perennes 2025

Fenn, M. A., & Giovannoni, J. J. (2021). Phytohormones in fruit development and maturation. The Plant Journal, 105(2), 446-458. Phytohormones in fruit development and maturation - Fenn - 2021 - The Plant Journal - Wiley Online Library

Frusso E. (2018) Características morfológicas y fenológicas del pecán, guía fenológica ampliada y resumida. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_2018

SIAP. (2024). Panorama Agroalimentario. Servicio de Información Agroa-limentaria y Pesquera. Ciudad de México. México. Disponible: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola consultado el 20 de marzo de 2025.

EFECTO DE LOS PORTAINJERTOS EN CALIDAD POSCOSECHA DE MANZANA "GOLDEN GLORY"

Ileana López-Chavez[1], Omar Castor Ponce-García[2*], Orlando Ramirez-Valle[3], Cristo Omar Puente-Valenzuela[4], Alejandro Palacio-Márquez[1], Carlos Abel Ramírez-Estrada[1], Gael Josef Serna Solís[1]

Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales[1], Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Delicias[2]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA[3]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Valle del Guadiana[4].
*Autor para correspondencia: ponce.omar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Portainjerto, calidad, manzana.

Introducción

En México se sitúan 15 regiones con las condiciones adecuadas para la producción de manzana, Chihuahua siendo el mayor productor con aproximadamente 78.0 % de la producción nacional. La calidad de poscosecha en manzana es un factor determinante en su aceptación comercial y rentabilidad en el cultivo. En huertos de manzana principalmente de alta densidad, los portainjertos enanizantes tienen un lugar clave ya que promueven la producción temprana, incrementa el rendimiento y calidad del fruto por unidad de superficie (Sánchez *et al*., 2021). Por ello, es importante evaluar el efecto del portainjerto sobre el rendimiento y la calidad de poscosecha, con el objetivo de obtener manzanas de mayor calidad y vida útil.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el ciclo agrícola 2024 en un huerto comercial ubicado en la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua. Se trabajó con árboles de la variedad "Golden glory" de 8 años, a una densidad de 2250 árboles por hectárea e irrigada mediante sistema de goteo. La fertilización se realizó con 70-30-40 + 60 CaO. Para el manejo poscosecha, las muestras se almacenron en una atmosfera controlada comercial durante 6 meses. Se trabajó con un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos (Portainjertos G210, G202, G890 y EMLA 111) y 6 repeticiones por tratamiento. Se tomó como unidad experimental 10 fruto colectados por árbol. Las variables que se evaluaron fueron peso de fruto, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y relación azúcar acidez de acuerdo con la metodología de la NMX-FF-061-SCFI-2003. Para evaluar si existieron diferencias de calidad por efecto del portainjerto, se realizó una prueba de varianza ANOVA y una prueba de separación de medias Tukey con un intervalo de confianza del 95%. Todos los análisis estadístios se realixarron con el programa SAS versión 9.4.

Resultados y discusión

Peso del fruto. El desarrollo y el peso de los frutos de manzana suelen ser buenos indicadores de la salud del cultivo y un buen equilibrio de nutrientes. Los resultados obtenidos en el presente estudio mostraron que el mayor peso promedio de los frutos fue G202, que incrementó significativamente en un 10.3 % con respecto a EMLA111, con el menor peso promedio (Figura 1a). Estos datos concuerdan con los reportados por Czynczyk y Bielicki (2012), quienes evaluaron el portainjerto G202 y obtuvieron una masa media del fruto de 220, 171 y 125 gramos por fruto en 3 años consecutivos para la variedad Golden Delicious.
Firmeza. La medición de la firmeza en los frutos de manzana es un indicador de calidad, textura y madurez y expresa la resistencia de las frutas a la presión mecánica. En portainjerto EMLA111 presentó la mayor firmeza, con un incremento del 10.1 % con respecto al portainjerto G202 que mostró la menor firmeza en sus frutos. Cabe destacar que los portainjertos G890 y G210 no fueron estadísticamente diferentes del supuesto mejor portainjerto, EMLA111. Para las primeras tres variables evaluadas, los resultados sugieren que el portainjerto G202 mostró frutos de mayor peso (Figura 1b) pero con una menor firmeza que los demás. Este patrón ya ha sido observado por otros autores y podría indicar que las manzanas han alcanzado un estado avanzado de madurez.
Solidos solubles totales. Los sólidos solubles totales (SST) en los frutos de manzana se refieren principalmente a los azúcares, ácidos, vitaminas y otros compuestos solubles presentes. La concentración de SST se expresa en grados Brix (°Brix) y Ayuda a determinar el momento óptimo de cosecha. En el presente experimento no se encontraron diferencias estadísticas significativas por efecto de los portainjertos evaluados sobre la concentración de solidos solubles totales. Autores han evaluado diferentes

rangos de concentración de SST en manzana cv. “Golden Glory”, encontrando un rango normal entre 12.5 y 19 ° Brix, por lo que se puede concluir que los portainjertos no tuvieron efecto importante sobre la dulzura de las manzanas y que todos los portainjertos evaluados se encuentran en un rango aceptable (Acevedo-Barrera *et al.,* 2024).

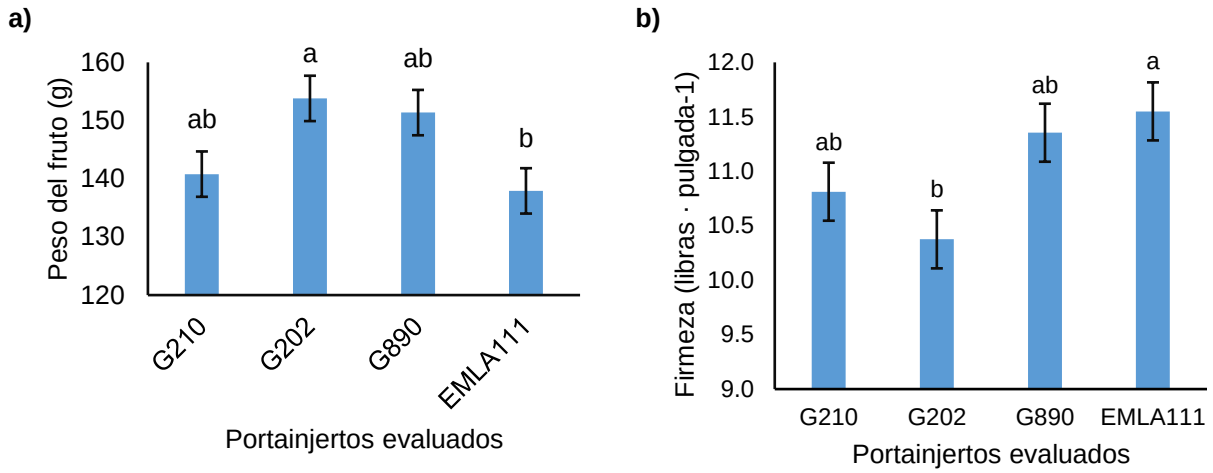


Figura 1. a) Peso del fruto en gramos, b) Firmeza (libras * pulgadas^{-1}).

Acidez titulable. La medición de la acidez titulable (AT) en los frutos de manzana es crucial, ya que ofrece información esencial sobre el sabor, la madurez y la calidad general de la fruta. El portainjerto que registró la mayor acidez fue G10, que incrementó en un 22.4 % con respecto a EMLA111, que obtuvo la menor acidez. Además, incrementó en un 18.3 % con respecto a G890 y un 10.9 % frente a G202, ambos incrementos significativos (Figura 2a). Estos resultados son similares a los reportados por varios autores, Por ejemplo, Hargarten *et al*. (2022) indican que el portainjerto utilizado tuvo un mayor efecto sobre los parámetros de calidad, sobre todo en la acidez titulable, que los tratamientos aplicados al suelo.

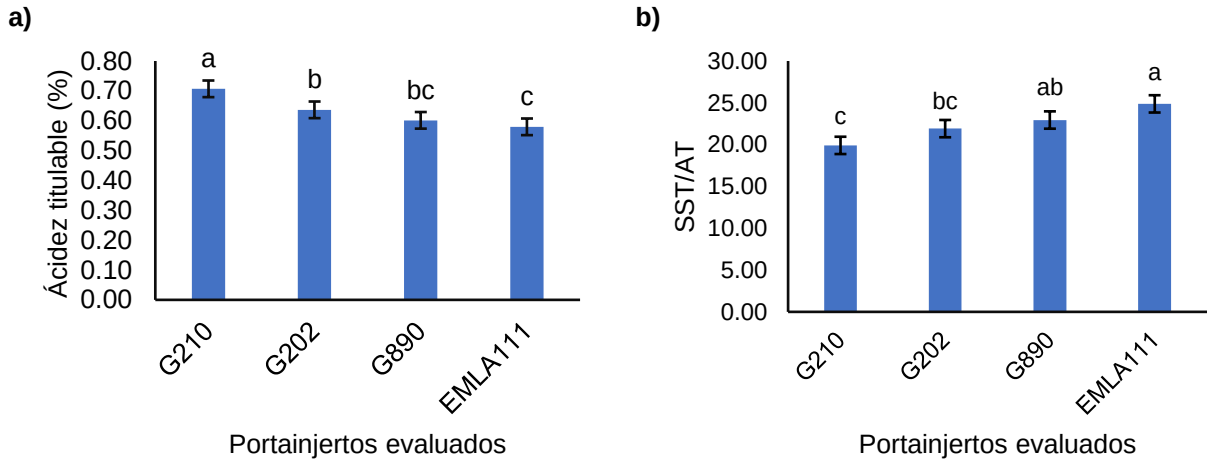


Figura 2. a) Porcentaje de acidez titulable, b) Relación solidos solubles totales.

Relación solidos solubles totales. La relación entre los sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT) en manzana es un indicador clave del equilibrio del sabor y la aceptabilidad del consumidor. En el presente experimento se encontraron diferencias estadísticas significativas por efecto de los portainjertos utilizados sobre la relación SST/AT en los frutos de manzana evaluados. El portainjerto que registró la mayor relación fue EMLA111, con incrementos significativos de 25 y 13.5 % frente a los portainjertos G202 y G210 respectivamente (Figura 2b).

Una relación SST/TA alta corresponde generalmente a un sabor más dulce, mientras que una relación más baja indica un sabor más ácido. Anteriormente se ha reportado que las manzanas con relaciones SST/AT superiores a 40 suelen preferirse para el consumo en fresco, mientras que las
Que tienen relaciones inferiores pueden ser más adecuadas para su transformación en productos derivados (Iwanami *et al*., 2024).

Conclusiones

Finalmente, tomando en cuenta los parámetros evaluados en el estudio, se podría concluir que el portainjerto sobre el cual se desarrollaron los frutos de manzana si tiene influencia sobre la calidad final del fruto. Además, el portainjerto que reúne las mejores características en los frutos es el EMLA111, que a pesar de que no obtuvo los frutos con más peso, fueron los que obtuvieron una mayor firmeza, concentración de solidos solubles totales y la mejor relación SST/AT.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por los recursos aportados necesarios para realizar la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Acevedo-Barrera, A., Gutiérrez-Chávez, A., Pérez-Leal, R., Soto-Parra, J. M., Villa-Martínez, A., & Hernández-Huerta, J. (2024). Effect of biostimulants on the fruit quality of Golden Glory apple in Chihuahua, Mexico. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 41(3), e244129. https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v41.n3.09

Czynczyk, A., & Bielicki, P. (2012). Eleven year evaluation of American (Geneva®) and Polish rootstocks with 'Golden Delicious Reinders' apple in Poland. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 20(2), 11-21. https://doi.org/10.2478/v10290-012-0011-y

Hargarten, H., Mattheis, J., & Honaas, L. (2022). Monitoring Effects of Rootstock Genotype and Soil Treatment Strategy on Postharvest Fruit Quality in 'Gala'Apple. *HortScience*, 57(7), 789-798.

Iwanami, H., Moriya-Tanaka, Y., Hanada, T., Baba, T., & Sakamoto, D. (2024). Factors Explaining Variations in Soluble Solids Content of Apples during Ripening and Storage. *The Horticulture Journal*, 93(2), 135-142.

Sánchez-Cervantes, M., López-Jiménez, A., Cortes Flores, J. I., & Cruz-Hernández, J. P. (2021). Efecto del portainjerto por aproximación en el estatus nutrimental del manzano 'Brookfield Gala'. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *12*(4), 591-602. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2233

PRÁCTICAS AGROBIOTECNOLÓGICAS PARA INCREMENTAR EL AMARRE DE FRUTO EN NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis*)

Emigdio De la Cruz-De la Cruz[1]*, José Alfredo Lara-Romero[1], Pablo Reyes-Hernández[1]

[1]Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense.
*Autor para correspondencia: emigdio.delacruz@uthh.edu.mx

Palabras clave: Trichoderma, amarre, rayado.

Introducción

México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial en la producción de cítricos con 7 millones de toneladas al año (Cabrera, 2022). La floración, la brotación y el cuajado del fruto, son los cambios más fácilmente apreciables de la fenología de estos frutales, siendo la floración y el cuajado del fruto las etapas más críticas y sensibles a condiciones ambientales como la sequía, exceso de humedad y temperaturas extremas.

En la Huasteca, rara vez se puede observar a los agricultores realizando prácticas más allá de la aplicación de foliares químicos a sus plantaciones de naranja para promover el amarre de fruto y aumentar la producción, como pueden ser el rayado en ramas y aplicación de productos biológicos cómo *Trichoderma* spp. La técnica del rayado consiste en la interrupción del flujo floemático mediante un corte transversal alrededor de toda la rama, sin extracción de un anillo de corteza y sin dañar el xilema, capaz de impedir temporalmente el descenso a las raíces de la savia elaborada (Rodríguez, 2018) y cuyos efectos benéficos ya se han documentado. Por otra parte, *Trichoderma harzianum,* ha mostrado propiedades antagonistas contra diversos hongos, entre ellos el que ocasiona la antracnosis, una de las principales enfermedades causantes de la caída de fruto pequeño y reducción del amarre de fruto, pero su uso todavía es limitado.

Por lo anterior el objetivo de este proyectó fue, determinar y mostrar a los productores, que la aplicación simultánea o por separado de Trichoderma y rayado, aumentan el amarre y disminuyen la caída de fruto en el cultivo de naranja Valencia.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en la localidad de Octactitla, Jaltocán, Hidalgo (21° 08’ 00” LN, 98° 32’ 18” LO y 200 msnm), en plantas de naranja Valencia con una edad de cinco años. Se utilizó un arreglo factorial en bloques completos al azar, con seis repeticiones y cómo unidad experimental se usó una planta. Los factores fueron, rayado con dos niveles (con y sin rayar), aplicaciones foliares (Trichoderma, fungicida químico y testigo). Por lo que los tratamientos aplicados fueron: rayado/Trichoderma, rayado/fungicida químico, rayado/agua, sin rayado/Trichoderma, sin rayado/fungicida químico y sin rayado/agua.

Para el rayado se empleó un cuchillo especial con una curvatura, que facilita el trabajo (Figura 1); se seleccionaron y rayaron las ramas principales que surgen del tronco, dejando una rama por planta sin rayar. Excepto en el testigo en donde no se rayó ninguna rama.



Figura 1. Herramienta utilizada para realizar el rayado

Para las aplicaciones foliares se usó un fungicida químico (Clorotalonil), un fungicida natural (*Trichoderma harzianum*) y un testigo (agua). Se realizaron tres aplicaciones foliares durante las fases de floración más importantes, quedando de la siguiente manera: 2/marzo/2025 primera aplicación, 15/marzo/2025, segunda aplicación y 30/marzo/2025, tercera aplicación. Qué correspondieron al inicio de floración, 50 % de caída de pétalos y caída total de pétalos, respectivamente. Las aplicaciones se realizaron durante las primeras horas del día, de 7:00 am a 10:00 am, siendo las horas más favorables para la aplicación por aspersión. En este segundo tratamiento se emplearon tres mochilas aspersoras manuales (bombas), una para el fungicida químico, otra para Trichoderma y una más para el testigo; una probeta de 50 mL para la medición de solución acuosa; 60 L de agua por aplicación, siendo un total de 180 L para las tres aplicaciones. Para la aplicación del fungicida químico, en una bomba se agregaron 20 L de agua, más 40 mL del fungicida (Clorotalonil), mezclando muy bien hasta obtener una solución homogénea, durante la aplicación se buscó cubrir completamente la planta, comenzando desde la parte superior, siguiendo en la parte media y terminando con la parte baja, hasta punto de goteo Para la aplicación de *Trichoderma harzianum*, se agregaron 20 L de agua, más 80 g de *Trichoderma* en polvo y se mezcló muy bien hasta obtener una solución homogénea y para la aplicación se siguió el mismo procedimiento que el anterior, comenzando en la parte superior, parte media y parte baja de la planta. Para el testigo, sólo se aplicó agua, buscando calibrar la aplicación a 1.6 L por planta, cómo en los tratamientos anteriores (Figura 2) y siguiendo el mismo procedimiento.



Trichoderma Clorotalonil Aplicación foliar

Figura 2. Aplicación de los productos utilizados para el tratamiento vía foliar en naranja Valencia.

La variable evaluada fue el amarre de frutos, para lo cual se contó el número inicial de flores en cuatro ramas por planta (una por punto cardinal), posteriormente se contó la caída de frutos, hasta el mes de junio y por diferencia, se determinó el porcentaje de amarre de frutos. Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa estadístico SAS, desarrollando un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey (α=0.05).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en cuanto a los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

El “rayado” es una técnica muy antigua, ampliamente utilizada en citricultura, con fines diversos: Inducir la floración de variedades alternantes (veceras), aumento de la floración, aumento del cuajado, aumento del tamaño final del fruto y en este experimento el amarre con rayado fue del 85 % y en el testigo del 35 % (Figura 3).

Las aplicaciones foliares no brindaron los resultados esperados (Figura 4), aunque *Trichoderma*, fue mejor que el fungicida químico, presentándose como una alternativa, ya que además de hongo antagonista, también es estimulante del crecimiento, lo cual no ocurre con el fungicida químico que funciona para los daños ocasionados por antracnosis (Hipólito, 2018).

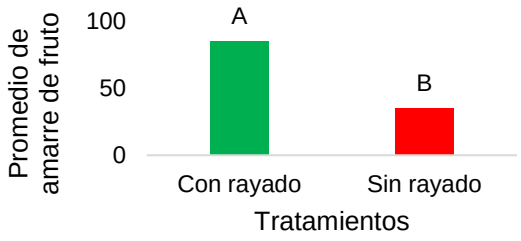


Figura 3. Porcentaje de amarre de fruto en naranja Valencia, con y sin rayado.

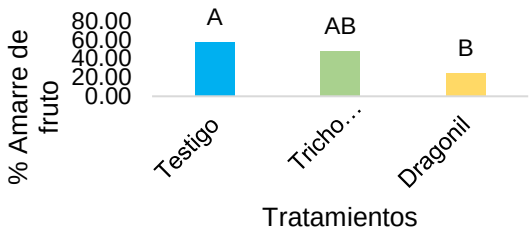


Figura 4. Porcentaje de amarre de fruto en naranja Valencia, con aplicaciones foliares.

La aplicación simultánea de rayado y *Trichoderma*, no mejoró el porcentaje de amarre de fruto en naranja Valencia, cómo si se pudo apreciar en los efectos simples de cada factor.

Conclusiones

El rayado y la aplicación de Trichoderma, son prácticas que los productores pueden implementar en sus huertos de naranja, para incrementar el amarre de frutos.

Referencias bibliográficas

Cabrera, R. R. (30 de junio de 2022). Amarre de fruto en naranja temprana Citrus sinensis Var. Marrs. Biológico Agropecuario Tuxpan. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Amarre+de+fruto+en+naranja+temprana+Citrus+sinensis+Marrs%20(1).pdf

Hipólito, H. C. (09 de abril de 2018). Antracnosis en cítricos. Mi cultivo con Bayer. Obtenido de https://www.micultivo.bayer.com.mx/es-mx/novedades/articulos/antracnosis-en-citricos.html

nd. (s.f.). Trichoderma Control de Hongos Fitopatógenos. Obtenido de Intagri: https://www.intagri.com/public_files/Trichoderma.pdf

Rodríguez, E. R. (marzo de 2018). Técnica del Rayado en Cítricos. Junta de Andalucia. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Rayado%20en%20c%C3%ADtricos_3.pdf

EVALUACIÓN/VALIDACIÓN DE FERTILIZANTES ORGÁNICO- QUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE TEMPORAL, CICLO P-V 2024.

Primitivo Díaz-Mederos[1]*, Jorge Humberto Villarreal-Rodas[1], Luis Eduardo Arias-Chávez[1], Juan Francisco Pérez-Domínguez[1] y Sandoval-Esquivez Alfredo[1]

[1]Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco CIRPAC-INIFAP.
*Autor para correspondencia: diaz.primitivo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz, grano, forraje, abonos orgánicos.

Introducción

La producción de cultivos depende, en gran parte, de las condiciones físico-químicas del suelo y uso continuo de prácticas de nutrición vegetal; por tanto, es necesario aplicar prácticas agroecológicas adecuadas y generar información de sus efectos en las características del suelo (Álvarez J. D. (2010). Las consecuencias del exceso de uso químicos en la agricultura han sido dañinas para el ambiente, debida al uso irracional de fertilizantes, que puede causar graves daños en la salud del hombre y los animales (Martínez, *et al*, 2010). El abono orgánico crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico / materia orgánica y fertilizantes minerales, ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo (Gómez Á. R. y Huerta L., 2015). Los abonos orgánicos incrementan la capacidad de retención de humedad del suelo; la materia orgánica, debido a su alta porosidad, mejora la porosidad del suelo, lo cual facilita la circulación del agua y del aire a través del perfil del suelo; (Murray *et al*., 2011). El objetivo fue evaluar y validar el efecto de los diferentes tratamientos de fertilizante orgánicos combinados con bajas dosis de fertilizante químico en la producción de grano de maíz y contar con información técnica que permita tener soporte técnico, sobre el efecto de los fertilizantes orgánicos en maíz; así mismo corroborar los resultados obtenidos con este tipo de ensayos en los ciclos agrícolas anteriores. La hipótesis planteada fue que el uso de fertilizantes orgánicos puede reducir hasta en un 50% el fertilizante nitrogenado, sin que se reduzca el rendimiento de grano.

Materiales y métodos

El trabajo llevó a cabo en el verano del 2024 en los terrenos del Campo Experimental Centro- Altos de Jalisco, perteneciente al CIRPAC-del INIFAP en Tepatitlán, Jalisco. Se ubica a 1795 msnm en el municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. El clima es clasificado como subtrópico subhúmedo semiseco, semicálido, con invierno benigno (Ruiz *et al* 2007). La temperatura media anual es de 19°C, con máxima de 30.5°C y mínima de 7.6°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de junio, Julio y agosto contando con una precipitación media anual de 875 mm. El suelo es considerado como luvisol férrico (FAO, UNESCO); de pH 5.3; M. 1.5%; Fe, Mn, Zn y Cu, entre altos y muy altos. Se probaron 12 tratamientos que incluyen insumos orgánicos que han venido utilizando los Técnicos del PpB que participan en el proyecto, comparados con dos testigos: el tratamiento de fertilización química del INIFAP en la región y un Testigo comercial. La unidad experimental fue de 8 surcos de 6 m de longitud y distancia entre surcos de 80 cm. El diseño Experimental fue de Bloques completos al Azar con 3 repeticiones**.**

Manejo del cultivo. La preparación del suelo consistió en un barbecho, dos pasos de rastra y surcado a 0.80 m. Se sembró el 21 de junio del 2024 el híbrido comercial de ciclo precoz NK858W a una densidad de 90 mil semillas por ha[1]; Para el control de plagas de suelo se utilizó la mezcla comercial de Bifentrina +Imidacloprid 7 kg/ha en la siembra. Para gusano cogollero se utilizaron trampas con feromonas y una aplicación de Lamdacialotrina 250 c.c./ ha; Control de malezas**.** Se aplicó en pre- emergencia a la maleza el herbicida Harnes a dosis de 2.5 l/ha. En postemergencia se aplicó 24D 1.5 l/ha. contra la maleza de hoja ancha.

Registro y toma de datos. Análisis físico-químico de suelo; Altura de planta V8-V10; plantas cosechadas; rendimiento grano y rendimiento de forraje y los datos climatológicos se registraron en la estación del Climatológica del Campo Experimental.

*Análisis Estadístico***.** Se realizó un análisis de varianza (P 0.10) bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y la comparación de las medias con la prueba de diferencia mínima significativa.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados y cantidades de fertilizante químico y orgánico aplicados por etapa vegetativas en el cultivo de maíz.

No.	Tratamiento	En siembra	V3-v4	V6	V8-v10
1	128-92-00 + NF 40 L	200 kg DAP	NF 20 L/ha	200 kg Urea	NF 20 L/ha
2	128-92-00 + NB 40 L	200 kg DAP	NB 20 L/ha	200 kg Urea	NB 20 L/ha
3	128-92-00 + ND 40 L	200 kg DAP	ND 20 L/ha	200 kg Urea	ND 20 L/ha
4	128-92-00 + SM 40 L	200 kg DAP	SM 20 L/ha	200 kg Urea	SM 20 L/ha
5	128-92-00 + LL 40 L	200 kg DAP	LL 20 L/ha	200 kg Urea	LL 20 L/ha
6	128-92-00+HU 600 +LL 40	200 kg DAP	HU 600 kg/ha	200 kg Urea	LL 40 L/ha
7	128-92-00 + AH 40 L	200 kg DAP	AH 20 L/ha	200 kg Urea	AH 20 L /ha
8	240-92-00 T. Químico	200 kg DAP	-	225 kg Urea	225 kg Urea
9	NF 80 L	-	NF 40 L/ha	-	NF 40 L/ha
10	SM 40 L	-	SM 20 L/ha	-	SM 20 L/ha
11	T. Comercial 1	400 kg	(4 L +10 L)	200 kg Urea	(4L+ 10 LD+1Lti
12	T. Comercial 2	-	4L Algas marinas + 3 L Humimax	200 kg Urea	4L Algas marinas + 3 L Humimax

NF: Nutrifish; NB: Nutribond; AH: Acidos Húmicos; ND: Nutri Degollado; SM: Supermagro; LL: Lixiviado Lombriz; HU: Humus; DAP=Fosfato diamónico 18-46-00.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En las Figuras 1 y 2 se presentan los datos climáticos registrados durante el temporal de lluvias y los resultados del análisis de suelos practicado en el sitio experimental previo el establecimiento del trabajo.

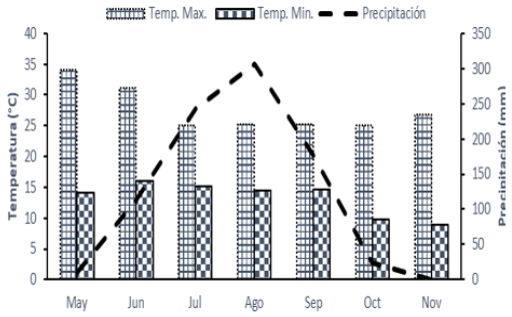


Figura 1. Datos climatológicos. Estación C.E. CEAJAL. 2024

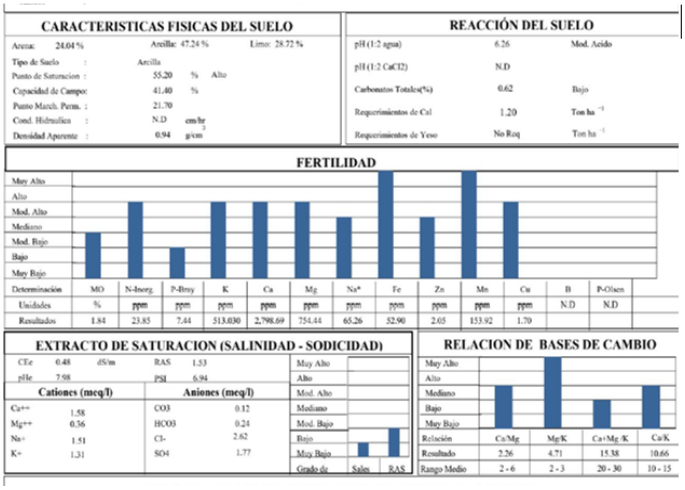


Figura 2. Características fisicoquímicas del suelo en C. E. CEAJAL 2024.

En cuanto a la precipitación se considera buena, 875 milímetros anuales y un temporal considerado bueno; en cuanto al análisis de suelo se corrobora lo que en otros ciclos fueron reportados por el mismo autor; en el Figura 2 se presentan los resultados del análisis del suelo donde fue establecido el experimento. Dicho análisis fue realizado por el Laboratorio de suelos del INIFAP de Campo Experimental Bajío de Celaya Gto. con altos contenidos de N, K, Ca, Mg muy altos contenidos de Fe, Mn y Cu, moderadamente ácido y pobres en M.O., condición que puede podría en la disponibilidad de los elementos para la planta.

El análisis de varianza presentó significancia al 0.01 de probabilidad en altura de planta y, rendimiento de grano; en tanto que en cuanto a número de plantas y rendimiento de rastrojo no hubo significancia; el Coeficiente de Variación entre 4 y 11.5 % en las variables evaluadas se considera aceptable.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del tres de las variables estudiadas en el experimento: en cuanto a rendimiento de grano, variable de mayor relevancia, se separan 3 grupos: tratamientos: 2, 6 y 7; tratamientos 1, 3, 4, 5, 6 y 7 y un tercer grupo identificados con los números 8, 11 y 12, es decir que dichos grupos se identifican con misma letra dentro de ellos; con el mismo criterio pueden identificarse los tratamientos con mayor y menor altura de planta.

Cuadro 2. Tratamientos, Altura de planta, Plantas por ha., Forraje y grano en ton/ha. CEAJAL 2024.

No	TRATAMIENTO	Alt. planta (cm)	Plantas/ha	Forraje t/ha	Grano t/ha
1	119-69-00 + NF 40 L	316 ab	78947	24.9	8.925 ab
2	119-69-00 + NB 40 L	312 ab	78262	24.9	9.400 a
3	119-69-00 + ND 40 L	305 bcd	78947	22.4	9.025 ab
4	119-69-00 + SM 40 L	311 ab	75932	20.7	8.675 ab
5	119-69-00 + LL 40 L	304 bcd	78262	23.0	8.875 ab
6	119-69-00 +HU 600 kg +LL 40 L	290 d	81278	23.8	9.250 a
7	119-69-00 + AH 40 L	312 ab	75110	24.0	9.300 a
8	Testigo Químico (240-92-00)	312 ab	79496	21.5	7.825 b
9	NF 80 L	323 a	78262	22.4	8.800 ab
10	SM 40 L	317 ab	79084	23.7	8.525 ab
11	Testigo Comercial 1	295 cd	79496	22.2	7.825 b
12	Testigo Comercial 2	308 abc	77303	23.2	7.825 b
	Media	308	78364	ns	8.687
	C.V.	4.07	6.13	23.0	11.5
	dms (p 0.10)	15.02	ns	9.9	1.200

NF: Nutrifish; NB: Nutribond; AH: Acidos Húmicos; ND: Nutri Degollado; SM: Supermagro; LL: Lixiviado Lombriz INIFAP; HU: Humus. Rend. grano Tratamiento control: 8.0 ton /ha.

Conclusiones

De acuerdo a las condiciones bajo las que se realizó el experimento, se concluye: con la aplicación del cualquiera de los fertilizantes orgánicos utilizados, puede sustituirse el 50% del fertilizante nitrogenado recomendado, sin que el rendimiento de grano y forraje se vean afectados.

Agradecimiento

Se agradece al programa de Producción para el Bienestar, Cosechando Soberanía, por el apoyo para la realización del presente trabajo.

Referencias bibliográficas:

Álvarez J. David, D. Aurora Gómez-Velasco, N. Samuel León-Martínez, F. Antonio Gutiérrez-Miceli. (2010) Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. Departamento de Agroecología. División de Sistemas de Producción Alternativos. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Apartado Postal 63. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Gómez Álvarez, Regino. Huerta Lwanga, E. (2015). El abono en la base de los cultivos orgánicos. Ecofronteras, 18–20.

Martínez-Viera, R.; Dibut, B.; Ríos, Yoania (2010). Reseña de "Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta"Cultivos Tropicales, vol. 31, núm. 3, pp. 27-31. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba

Murray, R., Bojórquez, J., Hernández, A., Orozco, M., García, J., Gómez, R., Aguirre, J. (2011). Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. Revista Biociencias, 1(3), 27–35.

EVALUACIÓN DE ABONO "BIOSÓLIDO" MÁS BIOFERTILIZANTE EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN YUCATÁN

Raúl Díaz Plaza[1]*, Hector Torres Pimentel[1]

[1]C.E. MOCOCHÁ, CIR SURESTE, INIFAP.
*Autor para correspondencia: diaz.raul@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz, biosólido, biofertilizante.

Introducción

En la búsqueda de opciones económicas de fuentes de nutrientes agrícolas se encontró con un abono-Biosólido, un subproducto del proceso de tratamiento de aguas residuales de la actividad Porcicola (muy desarrollada en el estado de Yucatán). Este biosólido también llamado abono sustentable, puede coadyuvar en la reducción de costos de los cultivos en la agricultura local al ser más barato que los fertilizantes tradicionales y se convertiría en una forma de eliminar un subproducto de la actividad porcina en forma amigable con el ambiente; además de la disponibilidad de nuevas variedades de maíz criollas mejoradas para la forma tradicional de cultivo de maíz en la región. Su uso se considera relevante para el incremento en la producción en las cerca de 100 mil hectáreas que se establecen año con año en Yucatán, principalmente en el sistema roza tumba quema (RTQ) en donde el rendimiento medio por hectárea de maíz es bajo, de alrededor de 800 kilos por hectárea. Dado que la empresa Keken (Grupo Porcicola Mexicano S.A de C.V.) mostró interés para la evaluación del subproducto Biosólido (cerdaza) que genera en los procesos de producción de cerdos e intenta darles un uso que favorezca a las comunidades aledañas a sus granjas se llevó a cabo el presente trabajo con el **objetivo** de evaluar dicho residuo solo y su asociación con el biofertilizante (*Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense)* como fuente de nutrientes para la producción de maíz en los sistemas tradicionales de producción, usando la tecnología INIFAP de producción para el sistema RTQ (roza-tumba-quema) de la gramínea.

Materiales y métodos

En el ciclo P-V 2023 se estableció el ensayo en el sistema RTQ, cuyos principales componentes tecnológicos fueron: siembra a "espeque" en hileras, distancia entre cepas de 0.50 cm y entre hileras de 0.90 cm; antes de la siembra se inoculo con biofertilizante a la semilla de maíz y se utilizó el fertilizante químico DAP (18-46-00) como referencia o testigo, el cual se aplicó en forma similar que el biosólido, asentado en el suelo cerca de la caña del maíz. En el Cuadro 1 se muestran los tratamientos evaluados en el ensayo.

Cuadro 1. Fuentes de nutrición en parcela de maíz en tres localidades. Ciclo P-V 2023.

Localidad	Tratamientos				
Opichen, Yuc.	DAP (18-46-00)	Biofertilizante + Biosólido 2	Biofertilizante + Biosólido 1	Biosólido 2 (100gr)	Biosólido 1 (20gr)
Mocochá, Yuc.	DAP (18-46-00)	Biofertilizante + Biosólido 2	Biofertilizante + Biosólido 1	Biosólido 2	Biosólido 1
S.E. Uxmal Muna, Yuc.	DAP (18-46-00)	Biosólido 1	Biosólido 2	Biofertilizante + Biosólido 2	Biofertilizante + DAP (18-46-00)

La aplicación del Biosólido se realizó a los 15 días después de la emergencia del cultivo. La cantidad aplicada de Biosólido por su contenido de nutrientes (3.6-4-0.8), se ajustó a la dosis de fertilización de 30-40-00 que equivale aproximadamente a 1000 kg de biosólido por hectárea. Para la evaluación del biosólido se consideraron dos dosis: a) 1 kg/m^2 y b) 5 kg/m^2, lo que equivale a 20 gr y 100 gr en base húmeda, respectivamente por cepa. Ambas dosis se aplicaron en dos condiciones, solo biosólido y con biofertilizante inoculado.

El periodo óptimo de siembra en Yucatán es del 15 de junio a 15 de julio; sin embargo, en el ciclo P-V 2023 debido al retraso de lluvias en la entidad, las siembras de maíz se realizaron de manera tardía; por lo anterior, en las localidades de Uxmal y Mocochá se aplicó tres riegos de auxilio (por contar con el

sistema). La siembra se realizó en las siguientes fechas y condiciones:

- Opichen: 1 de agosto, cultivo bajo temporal suelo luvisol.
- Uxmal: 15 de septiembre, cultivo bajo temporal con riego de auxilio suelo luvisol.
- Mocochá: 3 de agosto, Cultivo bajo Temporal con riego de auxilio en suelo pedregoso de uso continuo, sin quema.

En los tres módulos se sembró la variedad criolla conversa Sac beh que es de grano blanco semidentado, de ciclo tardío con un rango de 130 a 140 días de la siembra a la cosecha. El principal indicador considerado, para su evaluación, fue el rendimiento por hectárea de cada tratamiento, contabilizando además la densidad de población final por parcela. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, y el análisis estadístico se realizó por localidad usando el programa de SAS.

Resultados y discusión

En los Cuadros 2, 3 y 4 se presenta el rendimiento de maíz por localidad, para ello se utilizó el peso de campo, peso de mazorca, índice de grano, el contenido de humedad del grano fue ajustado al 14% y transformado a rendimiento por hectárea.

Cuadro 2. Rendimiento en el Módulo de Opichen, Yucatán.

Localidad	Tratamiento	No plantas ha^{-1} a cosecha	Rend. Kg ha^{-1}
Opichen, Yucatán	Biosólido 1	34,444	1,993
	Biosólido 2	31,667	2,432
	Biofertilizante + Biosólido 1	34,444	3,012
	Biofertilizante + Biosólido 2	32,593	3,052
	DAP (18 – 46 – 00)	34,444	2,390

Cuadro 3. Rendimiento en el Módulo del S.E. Uxmal, Muna, Yucatán.

Localidad	Tratamiento	No plantas ha^{-1} a cosecha	Rend. Kg ha^{-1}
SE Uxmal, Yucatán	Biosólido 1	31,667	1,426
	Biosólido 2	36,111	2,249
	Biofertilizante + Biosólido 2	40,556	2,327
	Biofertilizante + DAP (18 – 46 – 00)	34,444	2,564
	DAP (18 -46 -00)	33,889	1,219

Cuadro 4. Rendimiento en el Módulo del C.E. Mocochá, Yucatán.

Localidad	Tratamiento	No plantas ha^{-1} a cosecha	Rend. Kg ha^{-1}
Mocochá	Biosólido 1	23,333	1,784
	Biosólido 2	18,889	1,847
	Biofertilizante + Biosólido 1	21,111	2,233
	Biofertilizante + Biosólido 2	18,889	2,285
	DAP (18 – 46 – 00)	20,000	2,198

Se realizó el análisis estadístico a través del programa de SAS, como variable dependiente se consideró al rendimiento y se observan la significancia del efecto entre las fuentes de fertilización y localidad (en forma independiente por las diferencias tan marcadas del tipo de suelo). Los mejores rendimientos entre localidades se obtuvieron en la parcela de Opichen con un rendimiento promedio de todos los tratamientos de 2,576 Kg ha^{-1}. Siendo el mayor de 3,052 Kg ha^{-1} en el tratamiento Biofertilizante mas Biosólido 2. En los módulos de Opichen y Uxmal, los tratamientos donde se incluyó Biosólido solo o con biofertilizante tuvieron rendimientos mayores al de donde se aplicó el DAP (18-46-00). Estadísticamente solo el tratamiento Biofertilizante con Biosólido 2 es diferente a los demás tratamientos. Otros datos que se tomaron y están en proceso de análisis con más detalle corresponden a los resultados que indican que

las fuentes de nutrición, correspondientes al biofertilizante, Biosólido, biofertilizante mas biosólido y la localidad, tienen efecto en el largo y peso de mazorca.

Conclusiones

Con el uso de Biosólido + biofertilizante + variedad criolla mejorada pueden obtenerse rendimientos superiores a las dos toneladas por hectárea en el sistema tradicional en condiciones de buen manejo y buena precipitación.

La utilización del biofertilizante (Micorriza + Azospirillum) así como el uso del Biosólido tuvieron los mejores rendimientos en todas las condiciones de siembra, sobresale en la parcela de Opichen en temporal con un rendimiento mayor a las 3 Kg ha^{-1}.

Hay una respuesta ascendente a la dosis de biosólido, abriendo la oportunidad de evaluar niveles con mayor cantidad del producto. El biosólido en mayor dosis produjo el mayor rendimiento (20% en Opichen y cerca de un 40% en Uxmal).

El tratamiento de la dosis más alta de biosólido produjo el equivalente de rendimiento a la dosis recomendada de fertilizante sintético (DAP).

La aplicación de biofertilizante con biosólido fue el tratamiento con mejor rendimiento, además se observa el efecto de la aplicación de biofertilizantes que favoreció el rendimiento tanto con cerdaza como con fertilizante sintético.

Agradecimientos

Al productor cooperante de Opichen, Yucatán, Silvio Bernardo Chan Meza por su participación e interés.

Fuente financiadora

Empresa Keken.

Referencias bibliográficas

Aguilar C. G., Torres P. H. 2008. Producción de maíz en el sistema de roza-tumba-quema en la Península de Yucatán. Manual Técnico. INIFAP-INCA Rural. Campo Experimental Mocochá.

Torres P; H., Aguilar C, G., Uribe V, G. (2006). Maíz mejorado en suelo cambisol: oferta tecnológica de alta productividad en el sistema de roza-tumba-quema en Yucatán. Campo experimental Mocochá. Centro de Investigación Regional Sureste. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

Uribe Valle Gabriel. (2004). Los Biofertilizantes en la producción de maíz en Yucatán. Folleto técnico. INIFAP-CIRSE-C.E. Mocochá.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA, EN ESPECIES FORRAJERAS EN TEMPORAL

Leodegario Osorio-Alcalá[1]* Daniela Herrera-Castro[1]

[1]CIRPAS CEVOAX-INIFAP.
*Autor para correspondencia: osorio.leodegario@inifap.gob.mx

Palabras claves: mezclas de forrajes, ovinos, precipitación.

Introducción

En la región Mixteca de Oaxaca los productores de granos básicos complementan sus ingresos generados en las actividades agrícolas con la ganadería, principalmente con ovinos, pero su alimentación se basa en el uso de rastrojos de maíz, frijol y trigo, y se complementa con el pastoreo en terrenos donde recién se han cosechado los cultivos, o bien, en áreas de uso común, alimentándose de pastos secos y otras especies que predominan en la zona. En la época seca del año que comprende de noviembre a mayo, es cuando se escasea la fuente de alimento para el ganado, en consecuencia, bajan de peso, algunos productores que disponen de pequeños veneros de agua siembran avena como principal especie forrajera. Como una alternativa para la sustitución del uso de rastrojos de bajo valor nutrimental, se plantea cultivar distintas especies forrajeras que se adapten a condiciones de baja precipitación como las que ocurren en la región mixteca. Diversos estudios señalan que el 88 % de los productores de subsistencia emplean el pastoreo como estrategia alimentaria, del cual un 12 % complementa la alimentación del ganado con forraje y grano (Hernández Bautista *et al*., 2022).

El objetivo de la investigación fue evaluar diversas combinaciones de especies forrajeras comparado con el monocultivo avena, además de determinar el momento óptimo de corte donde se alcance la mayor producción de materia seca, y conocer la eficiencia en el uso de agua de cada especie en condiciones de temporal.

Materiales y métodos

Durante el ciclo Primavera-verano del 2024 el Sitio Experimental Mixteca Oaxaqueña-INIFAP, ubicado en las coordenadas 17°30´34´´LN y 97°21´03´LO a 2,128 msnm, se estableció un ensayo de forrajes integrado por los siguientes tratamientos: T1) Avena, T2) Maíz, T3) Avena-Triticale-Ebo, T4) Maíz-Girasol, T5) Avena-Triticale-Canola y T6) Avena-Girasol-Ebo. Se utilizo un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones. El tamaño de parcela para los tratamientos T1, T3, T5 y T6 fue de 10 surcos de 10 m de longitud separados a 0.35 m (35 m^2), y la parcela útil se tomaron los seis surcos centrales (21 m^2) mientras que en los T2 y T4 el tamaño de la parcela total fue de 4 surcos de 10 m de longitud con separación de 0.7 m (28 m^2) y la parcela útil los 2 surcos centrales (14 m^2). La preparación del suelo consistió en realizar un barbecho y una de rastra, posteriormente se realizó el surcado para realizar la siembra. En los tratamientos: T1, T3, T5 y T6 se empleó la dosis de fertilización 70-60-30 NPK, fraccionando el nitrógeno (40 unidades en la siembra y 30 en amacollo), mientras que en T2 y T4 se aplicó la dosis 90-60-40 NPK también fraccionando el nitrógeno en dos partes (60 unidades a la siembra y 30 en V4).

La época de corte de forraje se realizó en tres momentos, el primero fue a los 68 días después de la siembra (dds) en T1, T3 y T5, mientras que en T4 y T6 fue a los 71 dds y el T2 a los 90 dds. El segundo corte fue a los 77 dds en: T1, T3 yT5; en T4 y T6 a los 89 dds y T2 a los 98 dds. El tercer corte fue a los 90 dds en: T1, T3 y T5, en T4 y T6 a los 98 dds y el T2 a los 111 dds. Para realizar la estimación de forraje de cada corte se subdividió la parcela total en tres partes, en T1, T3, T5 y T6 el área de muestreo de cada época de corte fue de 7 m^2; en T2 y T4 fue de 4.6 m^2. Antes de realizar el corte del forraje en cada tratamiento se registraron en 5 plantas aleatorias la altura de planta. Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza como bloques completos al azar en parcelas divididas, la parcela grande fueron las épocas de corte y las combinaciones de forrajes fueron las parcelas chicas, se utilizó la prueba de medias de Tukey (α=0.05).

Resultados y discusión

Rendimiento de materia seca por época de corte y entre tratamientos. El análisis de varianza identifico diferencias significativas entre épocas de corte y entre tratamientos de las mezclas de forrajes. En el primer corte se tuvieron los menores rendimientos de materia seca 7.6 t ha^{-1}, estadísticamente inferior al segundo

12.52 t ha^{-1} y tercer corte 15.41 t ha^{-1}. Entre tratamientos se identificó que T4 (15.85 t ha^{-1}), T6 (15.24 t ha^{-1}) y T2 (14.96 t ha^{-1}), sus rendimientos de materia seca fueron estadísticamente superiores a T3 (8.38 t ha^{-1}), T5 (8.35 t ha^{-1}) y T1 (8.29 t ha^{-1}).

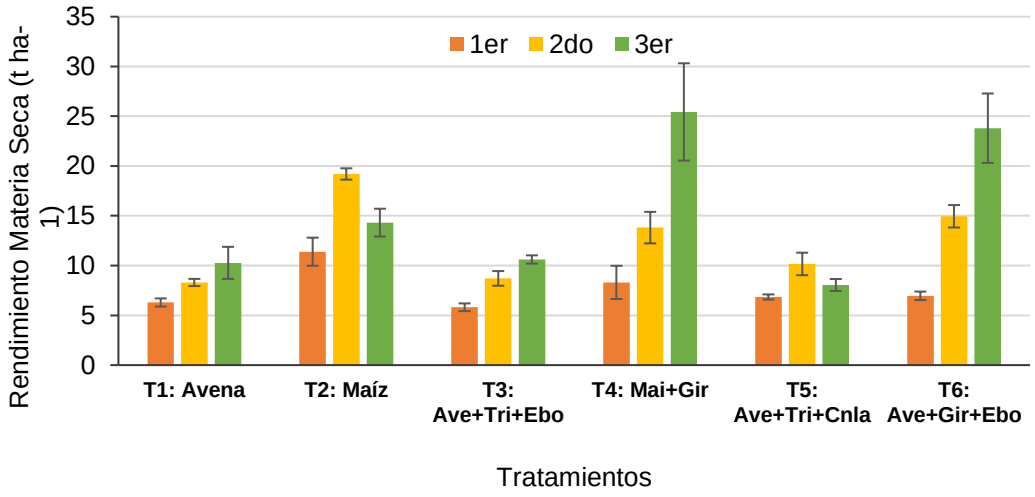


Figura 1. Rendimiento de materia seca, de diversos tratamientos de especies forrajeras solas y asociadas en tres épocas de corte, en temporal. Yanhuitlán, Oax. Ciclo PV-2024.

En avena monocultivo a los 68 días su rendimiento de materia seca fue de 6.29 t ha^{-1}, y a los 90 días se incrementó de manera significativa a 10.27 t ha^{-1}. Esto señala que esta especie debe cortarse a los 90 días porque es cuando se alcanza la mayor producción de materia seca, y el estado de desarrollo del cultivo alcanza el estado lechoso del grano. En maíz nativo "Jaltepec" para la producción de forraje, a los 90 días su rendimiento fue de 11.39 t ha^{-1}, y a los 98 fue cuando alcanzo la mayor producción de materia seca 19.2 t ha^{-1}, estadísticamente superior al rendimiento obtenido a los 90 y 111 días.

En la mezcla de Avena-triticale-ebo, hubo diferencias estadísticas entre fechas de corte donde la mayor producción se obtuvo en el tercero a los 90 días después de la siembra 10.61 t ha^{-1}, estadísticamente superior al rendimiento obtenido en el primer corte 68 días con 5.81 t ha^{-1}; en este corte el ebo se encontraba en floración que es el momento de mayor concentración de proteína y mejor alimento para el ganado (Sánchez Gutiérrez *et al.*, 2020). Además, el uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas permite tener un mayor valor nutritivo para la alimentación del ganado y mejor rendimiento de materia seca (Portillo López *et al.*, 2021).

La mezcla de maíz-girasol fue uno de los tratamientos que más biomasa se produjo, sobre todo en el tercer corte. En esta mezcla a los 71 días el rendimiento de materia seca fue de 8.31 t ha^{-1}, a los 89 días se incrementó a 13.81 t ha^{-1}, y a los 98 días a 25.43 t ha^{-1}; por lo que el mejor momento de cosecha de la mezcla maíz-girasol fue a los 98 días después de la siembra; además, fue la combinación que más materia seca produjo por el buen desarrollo de ambas especies, alcanzando alturas de planta promedio de 2.56 m en maíz y de 2.86 m en girasol.

En la mezcla de avena-triticale-canola, la mayor producción de materia seca se obtuvo a los 77 días con un rendimiento de 10.16 t ha^{-1}, estadísticamente superior al obtenido a los 68 días (6.84 t ha^{-1}) y a los 90 días (8.05 t ha^{-1}). En esta mezcla además de producir forraje de mejor calidad, el triticale tiene un alto valor forrajero, lo cual lo hace una alternativa de alimentación en zonas de temporal y con deficiencia en la fertilidad del suelo (Olvera García, 2018).

En el T6 con la mezcla de avena-girasol-ebo, hubo diferencias estadísticas entre fechas de muestreo, la mayor cantidad de materia seca se obtuvo en el tercer corte a los 98 dds, donde se obtuvo un rendimiento de 23.8 t ha^{-1}, superior estadísticamente a los obtenidos en el primer y segundo corte.

*Eficiencia en el uso de agua (kg de materia seca /mm de agua/hectárea)***.** En las siembras de temporal el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia por las diferentes especies es fundamental para la producción de forrajes. Se encontraron diferencias estadísticas en los valores de eficiencia en el uso de agua (EUA) entre los diversos tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Eficiencia en el uso del agua de diferentes especies forrajeras en tres fechas de corte bajo condiciones de temporal (± Error estándar de la media). Yanhuitlán, Oax. Ciclo PV-2024.

Tratamiento	Eficiencia del uso del agua (kg/mm/ha)			Promedio (EUA)
	1er	2do	3er	
T1: Avena	21.39 (± 1.3943)	21.82 (± 0.9474)	26.20 (± 4.1061)	23.1 b
T2: Maíz	29.04 (± 3.5998)	48.96 (±1.4514)	35.67 (± 3.4810)	37.89 ab
T3: Ave-Tcl-Ebo	19.75 (± 1.3137)	22.88 (±1.9381)	28.74 (± 0.6360)	23.79 b
T4: Mai-Gir	27.77 (± 5.5757)	35.23 (± 4.0350)	64.86 (± 12.4664)	42.62 a
T5: Ave-Tcl-Cnla	23.25 (± 0.8828)	26.69 (± 2.9800)	20.54 (± 1.5312)	23.49 b
T6: Ave-Gir-Ebo	23.27 (± 1.4207)	38.13 (± 2.8735)	60.70 (± 8.8883)	40.70 a

Nota: valores con las mismas letras en sentido de la columna no difieren estadísticamente (Tukey α=0.5).

El promedio de los tres cortes la mezcla de maíz-girasol tuvo un valor de 42.62 kg/mm/ha, también la mezcla de avena-girasol-ebo reporto un valor de 40.7 kg/mm/ha, estadísticamente superior a avena-triticale-ebo, avena-triticale-canola y avena, con valores de 23.79, 23.49 y 23.3 kg/mm/ha; respectivamente, mientras que la avena en monocultivo que es el forraje más cultivado para la alimentación de ganado su valor fue de 23.1 kg/mm/ha. Los tratamientos que tuvieron la mayor producción de materia seca: T4, T6 y T2, también alcanzaron los valores mas altos de EUA, coincidiendo con lo señalado por García Hernández *et al*., 2016. Identificar las mezclas de especies forrajeras que obtengan los mayores valores en EUA en condiciones de temporal, es información importante para poder recomendar su siembra para la producción de forraje que eficienticen el consumo de agua, además, las mezclas de forrajes pueden producir alimento de mayor calidad nutricional respecto a solo producir avena, y mejor aún que alimentar el ganado con rastrojos.

Conclusiones

Hubo diferencias estadísticas entre épocas de corte, alcanzando mayores cantidades de materia seca conforme avanza en estado de desarrollo de las especies.

Los mayores rendimientos de materia seca se obtuvieron con: maíz-girasol, avena-girasol-ebo y maíz, superior estadísticamente a: avena, avena-triticale-ebo y avena-triticale-canola.

La mayor eficiencia en el uso del agua a través de los diferentes cortes es con: maíz-girasol y avena-girasol-ebo, estadísticamente superiores a: avena-triticale-ebo, avena-triticale-canola y avena.

Agradecimientos y fuente financiadora

Financiamiento de CIMMYT a través del proyecto “Impulso a la agricultura sustentable con base en la evaluación científica, en la Mixteca de Oaxaca”.

Referencias bibliográficas

Olvera García, R. (2018). Biomasa de triticale bajo diferentes condiciones de Agricultura de Conservación. La revista de la Agricultura de Conservación EnlACe, Año X octubre-noviembre. CIMMYT, pp 21-22.

Sánchez Gutiérrez, R. A., Figueroa Gonzáles, J. J., Rivera Vázquez, J. S., Reveles Hernández, M., Gutiérrez Bañuelos, H., & Espinoza-Canales, A. (2020). Comportamiento productivo y valor nutricional de veza común (Vicia sativa l.) durante otoño-invierno en Zacatecas, México. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 11(1), pp. 294–303.

Hernández Bautista, J., Rodríguez Magadán, H. M., Salinas Ríos, T., Aquino Cleto, M. y Mariscal Méndez, A. (2022). Caracterización de los sistemas de producción familiar ovina en la Mixteca Oaxaqueña, México. Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 13(4), pp, 1009–1024.

Portillo López, P. A., Meneses Buitrago, D. H., Lagos Burbano, E., Duter Nisivoccia, M. E. y Castro Rincón, E. (2021). Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. Agronomía Mesoamericana, 32(2), pp. 556-572.

Hernández García, R.V., Flores Gallardo, H., Narváez Mendoza, M. P y Osuna Ceja, E.S. (2016). Eficiencia en el uso del agua y producción de forraje en avena (*Avena sativa* L.) invernal. Memoria de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Venecia, Durango, México. pp. 604-608.

REDUCCIÓN DEL CRECIMIENTO, VIABILIDAD Y DAÑOS MORFOLÓGICOS PROVOCADOS POR ULTRASONIDO Y QUITOSANO A *Botrytis cinerea*

Surelys Ramos Bell[1]*, Estefanía Batista Martínez[1], Edson Rayón Díaz[1], Melissa del Carmen Anaya Carrillo[1], Dalia Yarely Ramírez Avila[1], Porfirio Gutiérrez Martínez[1]

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic. Av. Tecnológico # 2595, Col. Lagos del Country. C.P. 63175. Tepic, Nayarit. México. Tel: (311) 211 94 00.
*Autor para correspondencia: suramosbe@ittepic.edu.mx

Palabras clave: *Botrytis cinerea*, quitosano, ultrasonido.

Introducción

Botrytis cinerea es un hongo necrotrófico muy agresivo para los cultivos, atacando tallos, hojas, flores y frutos, es considerado el segundo hongo de mayor importancia económica por las grandes pérdidas que representa su ataque en campo y postcosecha [1]. Para el control de este patógeno se aplica el uso de fungicidas sintéticos como el fludioxinil, azoxistrobin y la combinación de ciprodinil + fludioxinil, considerados fungicidas de contacto y de síntesis efectivos para su control. Sin embargo, los fungicidas tienen el potencial para provocar toxicidad y pese a su gran uso la atención prestada en cuanto a los daños a la salud provocados sigue siendo escasa. La exposición a fungicidas tiene efectos sobre la salud, ya que puede provocar depresión y déficit neurológicos, diabetes, enfermedades respiratorias, genéticas y en casos extremos cáncer y muerte fetal. Estos químicos no solo afectan a los organismos objetivos, sino que dañan también a la atmósfera, suelo, agua y seres vivos. Los fungicidas, aunque se aplican a plantaciones en el suelo, pueden transportarse a largas distancias por evaporación y precipitación, por lluvias y fuertes vientos o siendo alimento al ganado. La mayoría de los fungicidas son perjudiciales para el ecosistema marino, ya que pueden causar cambios y mutaciones a las especies que viven allí y afectando a toda la cadena alimenticia, teniendo en cuenta que otros animales incluidos los humanos se alimentan de animales acuáticos, los cuales pueden estar contaminados por fungicidas.

Para contribuir con el cumplimiento de los objetivos de la Agenda 2030, se busca sustituir el uso de los fungicidas de síntesis química por tratamientos limpios y de origen natural. En este sentido, el ultrasonido ofrece muchas ventajas como tratamiento de control fúngico, gracias al fenómeno de cavitación que se genera durante su aplicación desestabilizando y permeabilizando la pared y membrana celular del patógeno tratado [2]. Por otro lado, el quitosano, extraído del exoesqueleto de camarón y otros crustáceos, ha sido ampliamente estudiado como agente de control fúngico, demostrando su capacidad para interactuar directamente con los fosfolípidos de la pared celular de los hongos, ya que en su estructura química posee grupos amino e hidroxilos que le confieren su carácter policatiónico [3].

Por tal motivo, esta investigación tuvo como objetivo general la evaluación de la tecnología ultrasónica y el quitosano sobre el crecimiento, desarrollo y posibles daños provocados al hongo fitopatógeno *Botrytis cinerea*.

Materiales y métodos

El patógeno *Botrytis cinerea* fue proporcionado por el Laboratorio de Tecnologías Alternativas y Emergentes en Alimentos del Instituto Tecnológico de Tepic, Nayarit, México. Se utilizó quitosano de grado comercial de bajo peso molecular (47.5 kDa) a 0.1 % y se empleó un baño ultrasónico de alta intensidad (45 kHz) con una temperatura de 45 °C durante 5 minutos.

El medio de cultivo APD (Agar papa dextrosa) conteniendo el tratamiento de quitosano se vertió en placas Petri de 9 cm de diámetro y posteriormente se colocaron en las cajas Petri discos de 0.8 cm con micelio de *B. cinerea* de 5 días de edad y fueron incubados a 25 ºC por 9 días. Por otro lado, discos del patógeno previamente tratados con el control hidrotérmico asistido, fueron colocados en el centro de las cajas Petri e incubados a a 25 ºC por 9 días. Como control se inocularon placas con hongo sin tratamientos. Finalizado el tiempo de incubación se determinó el crecimiento radial mediante el programa ImageJ®.

Para el ensayo de viabilidad celular de *B. cinerea* con y sin tratamiento se agregaron 10 mL de agua destilada estéril a las placas Petri, las soluciones obtenidas se filtraron mediante gasas esterilizadas. Posteriormente una alícuota de estas soluciones a $1x10^6$ se llevaron a un contador de células (OLYMPUS) y se contabilizó el número de esporas vivas y muertas. Mediante un Microscopio electrónico de barrido se

observaron los daños ocasionados a hifas y esporas de *B. cinerea* tratadas con quitosano, el cual inhibió de forma más eficiente el crecimiento de este.

Resultados y discusión

Los tratamientos de quitosano y baño ultrasónico a 45 °C durante 2 min, afectaron el crecimiento radial *in vitro* de *B. cinerea* (Figura 1).

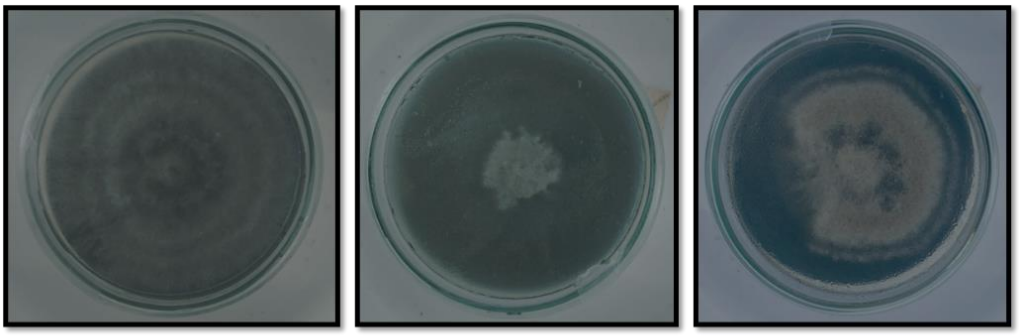


Figura 1. Crecimiento radial *in vitro* de *Botrytis cinerea* sin tratamiento (control) y tratado con quitosano y ultrasonido

El crecimiento del hongo al ser tratado con quitosano y ultrasonido fue de 25 mm y 72 mm respectivamente, en comparación con el control cuyo crecimiento radial fue de 90 mm. Los resultados concuerdan con lo reportado respecto al efecto del quitosano como agente de control biológico con actividad antifúngica, dado por su capacidad de dañar la pared celular del hongo, provocando la formación de poros que causan la salida de iones Ca y K, así como de quelar metales imprescindibles para el desarrollo del patógeno [3]. El ultrasonido por su parte, mediante la formación de burbujas en el medio provoca daños irreversibles a la estructura fúngica dañando su pared y membrana celular [2].

El análisis de viabilidad celular mostró que, con respecto a esporas sin tratar, el quitosano y tratamiento hidrotérmico con ultrasonido redujo el número de esporas vivas en la solución (Figura 2). Esporas de *B. cinerea* sin tratamiento presentaron un total de 17 % de esporas muertas del total, mientras que el quitosano presentó un 61 % de esporas no viables y el ultrasonido un 34 %.

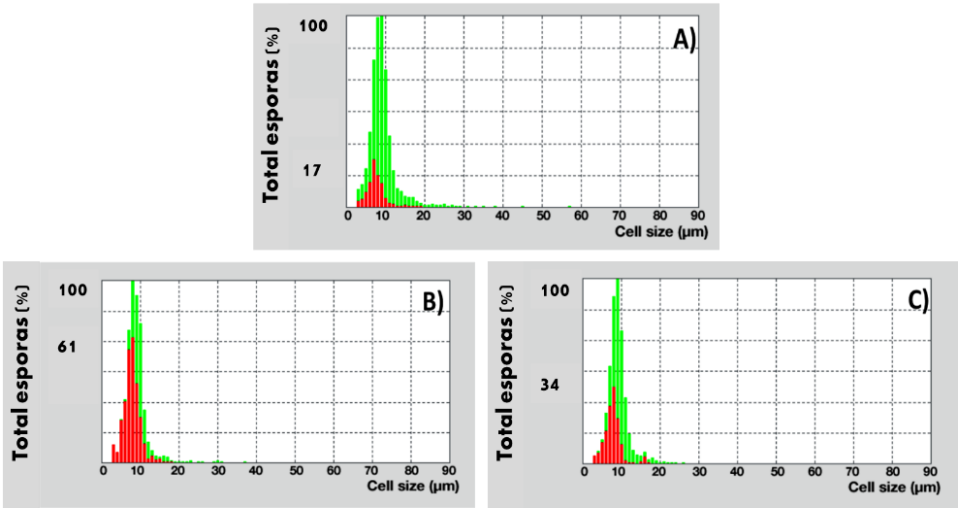


Figura 2. Viabilidad celular (esporas vivas: verde y muertas: rojo) de *B. cinerea* sin tratamiento (A), con quitosano (B) y ultrasonido (C).

Las imágenes de microscopía electrónica de barrido muestran la diferencia entre *B. cinerea* sin tratar y con el mejor tratamiento, que en este caso fue el quitosano (Figura 3).

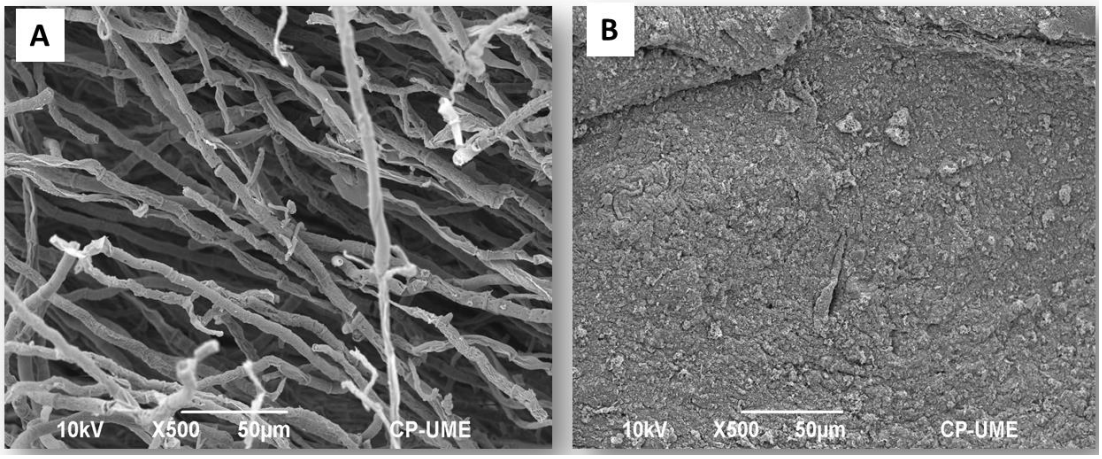


Figura 3. Imágenes de microscopía electrónica de barrido del hongo *Botrytis cinerea* sin tratar (A) y con quitosano (B).

Las estructuras de B*. cinerea* no tratada, se muestra sin daños, con hifas lisas y septadas, a comparación del hongo tratado con quitosano, el cual se observa compacto, sin forma definida, con aparente aglomeración de las hifas fúngicas.

Conclusiones

De acuerdo a la evaluación *in vitro*, el crecimiento radial de Botrytis cinerea se vio afectado al aplicar quitosano y el baño de ultrasonido con temperatura. Asi mismo, estos tratamientos redujeron el número de esporas viables con respecto al control, del total de esporas tratadas con quitosano el 61 % murieron, mientras que con ultrasonido fue un 34 %. El daño provocado a nivel morfológico de las esporas de *Botrytis cinerea* con quitosano se pudo observar mediante microscopía óptica. Los resultados demuestran la capacidad antifúngica del quitosano y tratamiento de ultrasonido con temperatura para controlar *Botrytis cinerea*. Se propone estudiar la combinación de estos tratamientos para lograr una mayor inhibición de este patógeno y poder sustituir el uso de fungicidas sintéticos.

Referencias bibliográficas

1. Vitti, A., Coviello, L., Triunfo, M., Guarnieri, A., Scieuzo, C., Salvia, R., Falabella, P., & Nuzzaci, M. (2024). *In vitro* antifungal activity and *in vivo* edible coating efficacy of insect-derived chitosan against *Botrytis cinerea* in strawberry. International Journal of Biological Macromolecules, 279, 135158. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2024.135158
2. Wang, J., & Wu, Z. (2022). Combined use of ultrasound-assisted washing with in-package atmospheric cold plasma processing as a novel non-thermal hurdle technology for ready-to-eat blueberry disinfection. Ultrasonics Sonochemistry, 84. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.105960
3. Ramos-Bell, S., Hernández Montiel, L. G., Velázquez Estrada, R. M., Moreno Hernández, C. L. and Gutiérrez Martínez, P. (2023). Chitosan and salicylic acid as alternatives for the control of postharvest fungal diseases in blueberries (*Vaccinium corymbosum*). International Food Research Journal 30(4): 992 – 1000. doi.org/10.47836/ifrj.30.4.16.

EFECTO DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE TRIGO DE TEMPORAL EN LA REGIÓN DE JUCHITEPEC, ESTADO DE MÉXICO

Pedro Mejia Elias[1]*, Héctor Eduardo Villaseñor Mir[2], René Hortelano Santa Rosa[2], Julio Huerta Espino[2], Eliel Cruz Martínez[2], María Elsa Rodríguez Contreras[2], Salvador Carranza González[3], Santa Flores Pérez[1]

[1]Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, [2]Campo Experimental Valle de México-INIFAP, [3]Colegio de Postgraduados.
*Autor para correspondencia: *pedro_1801@outlook.com

Palabras clave: Rendimiento, ambientes, genotipos.

Introudcción

El mejoramiento genético del trigo en México ha sido fundamental para la seguridad alimentaria, iniciando en 1944 con los trabajos de Norman E. Borlaug que dieron origen a la Revolución Verde (Borlaug, 1968). Desde 1985, el INIFAP ha liberado más de 150 variedades, como Cirno C2008, con alto impacto productivo y económico (Villaseñor *et al*., 2021). Se han incorporado genes como *Sr2*, *Rht1* y *Rht2*, evaluando materiales en diversos ambientes y adoptando tecnologías moleculares para mejorar resistencia, adaptación y calidad (Villaseñor *et al.*, 2021). Aunque México sigue siendo deficitario en trigo, proyectos financiados por el Fondo SAGARPA-CONACYT han generado variedades con mayor rendimiento y tolerancia al estrés (Villaseñor, 2015). El mejoramiento en condiciones de temporal comenzó en los años 70, desarrollando variedades adaptadas a la lluvia estacional y suelos pobres, usando estrategias como análisis genotipo × ambiente y ensayos regionales (Villaseñor y Espitia, 2000). El objetivo del trabajo fue comparar variedades de reciente liberación.

Materiales y métodos

Se probaron las variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) generadas para siembras de temporal, Nana F2007 y Altiplano F2007 liberadas en el 2007, y Nely F2022 y Terre F2022 liberadas en el 2022. Las cuatro variedades fueron proporcionadas por el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo de Temporal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) con sede en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con dos repeticiones, el experimento se estableció en 17 ensayos evaluados del 2017 al 2024 en las localidades de Tenango del Aire y Juchitepec, Méx. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo espaciados a 30 cm y el manejo de los experimentos fue de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para la región en estudio. Se evaluaron las variables Días a Floración (DF), Días a Madurez (DM), Altura de Planta en cm (ALT) y Rendimiento de Grano en kg ha^{-1} (REND). En la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 % (α=0.05).

Resultados y discusión

El Cuadro 1 presenta el análisis de varianza de la evaluación de cuatro variedades de trigo durante ocho años en 17 ambientes en la región de Juchitepec, en donde se observa que se encontró diferencia altamente significativa en todas las variables (REND, DF, DM y ALT) entre los Años, los Ambientes, las Variedades y en la interacción Ambiente x Variedad. Los resultados del mencionado Cuadro indican que fueron diferentes entre sí los años, los ambientes y las variedades, y que las variedades mostraron diferente comportamiento al evaluarse a través de los diferentes ambientes. Finalmente, los coeficientes de variación fueron adecuados para evaluaciones bajo condiciones de temporal.

El Cuadro 2, presenta las medias por variedad, en donde se incluyen las medias de rendimiento de grano (REND), días a floración (DF), días a madurez fisiológica (DM) y altura de planta (ALT). El valor de Tukey (α = 0.05) indica la diferencia mínima significativa (DMS) para comparar medias entre genotipos. Nely F2022 y Terre F2022 fueron las variedades con mayor rendimiento promedio de los 17 ambientes evaluados, superando significativamente a Altiplano F2007 y Nana F2007. Nana F2007 fue la más precoz, pero su rendimiento fue el más bajo. Altiplano fue la más tardía y alta, sin traducirse en mejor productividad. Las variedades F2022 muestran una combinación favorable de rendimiento, precocidad y altura, lo que las hace más aptas para las condiciones de temporal en la región de Juchitepec. El rendimiento promedio de Nely F2022 + Terre F2022 fue de 7139 kg ha^{-1}, mientras que el rendimiento promedio de Nana F2007 +

Altiplano F2007 fue de 4844 kg ha^{-1}, diferencia a favor de las variedades F2022 de 2295 kg ha^{-1}, equivalente a 32 % más de productividad, lo que evidencia que el mejoramiento genético del programa de trigo de temporal del INIFAP-CEVAMEX en los últimos 15 años ha logrado logros importantes en el incremento del rendimiento, equivalentes al 2 % aproximadamente por año.

Cuadro 1. Análisis de varianza en general de cuatro variedades de trigo de temporal evaluados en 17 ambientes en la región de Juchitepec, Méx., ciclos PV/2017 a PV/2024.

F.V.	gl	DF	gl	DM	gl	ALT	gl	REND
Años	6	101.15**	6	1409.94**	6	2123.77**	7	26694736**
Ambientes	13	76.53**	14	810.89**	14	927.31**	16	14031407**
Rep (Loc)	1	3.57	1	4.4	1	1.4	1	3132423
Variedades	3	153.64**	3	329.20**	3	298.34**	3	64603633**
Amb*Var	39	5.32**	42	33.26**	42	63.45**	48	2912938**
Error	49	0.75	53	3.06	53	30.39	60	502177
Total	111		119		119		135	
Media		61.		119		94		5991
C.V. (%)		1.42		1.46		5.81		11.82

F.V. = factor de variación; gl = grados de libertad; DF = días a espigamiento; DM = días a madurez fisiológica; ALT = altura de planta en cm; REND=rendimiento de grano en kg ha^{-1}.

Cuadro 2. Medias por localidad, promedio de 17 ambientes de temporal en la región de Juchitepec, estado de México, ciclos PV/2017 a PV/2024.

Variedades	REND	DF	DM	ALT	CmNe-Te vs Na-Al		
					Variedad	REND	%
Nely F2022	7168	63	121	94	Nel-Terr	7139	----
Terre F2022	7111	61	120	91			
Altiplano F2007	5309	63	123	99	Nan-Alt	4844	-32
Nana F2007	4380	58	115	95			
Tukey (α=0.05)	452	0.61	1.19	3.76			

REND= rendimiento de grano en kg ha^{-1}; DF= días a espigamiento; DM= días a madurez fisiológica; ALT= altura de planta en cm; Nel-Terr = Nely F2022 y Terre F2022; Nan-Alt = Nana F2007 y Altiplano F2007; CmNe-Te vs Na-Al = Comparación del rendimiento de Nely + Terre vs Nana + Altiplano

Conclusiones

Nely F2022 y Terre F2022 fueron las variedades con mayor rendimiento en los 17 ambientes evaluados, superando significativamente a Altiplano F2007 y Nana F200, lo que en su momento refleja el impacto de las estrategias del mejoramiento genético del programa de trigo de temporal del INIFAP-CEVAMEX, que sin referirse propiamente a un estudio del avance genético si arroja beneficios del orden del 20 % por año. La siembra de Nely F2022 y Terre F2022 arrojaría en promedio un beneficio a favor de los agricultores de aproximadamente 2200 kg ha^{-1}.

Agradecimientos

Se agradece a INIFAP por el financiamiento al proyecto “Programa Nacional de Mejoramiento Genético para generar variedades resistentes a royas de alto rendimiento y alta calidad para producción sustentable de trigo en México”, SIGI: 153335532.

Referencias bibliográficas

Borlaug N. E. (1968). Wheat breeding and its impact on world food supply. Proc. 3rd Int. Wheat Genet. Symp.

Villaseñor M. H. E. y Espitia R.E. (2000). Características de las áreas productoras de trigo de temporal: problemática y condiciones de producción. *In*: el trigo de temporal en México. Villaseñor, M. E. H.

y Espitia, R. E. (Eds.). SAGAR, INIFAP, CIRCE-CEVAMEX. Libro Técnico No. 1. México. pp. 85-98.

Villaseñor M. H. E. (2015). Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, *6*(11): 2183–2189. https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.796

Villaseñor M. H. E., Huerta E. J., Solís M. E., Rodríguez G. M. F., Martínez C. E. y Espitia R. E. (2021). Mejoramiento genético en trigo realizado por el INIFAP desde 1985 a 2020. Revista mexicana de ciencias agrícolas *25*: 27–31. ttps://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2809.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE NUEVOS HÍBRIDOS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN MANTE TAMAULIPAS

Alma Leticia Salas-Gómez[1] Fidel Vázquez-Torres[2], César Alejandro Espinoza-Ahumada[2,3*], Moisés Ramírez-Meraz[1] Reinaldo Méndez-Aguilar[1]

[1]Campo Experimental Las Huastecas-CIRNE-INIFAP, [2]TecNM: Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de El Mante, [3] Unidad Académica Multidisciplinaria Mante, Universidad Autónoma de Tamaulipas.
*Autor para correspondencia: caespinoza@itsmante.edu.mx

Palabras clave: Condiciones edafoclimáticas**,** rendimiento, capacidad productiva.

Introducción

El tomate es considerado como una hortaliza esencial y de importancia en muchos países, entre ellos se encuentran China, el mayor productor, India, Turquía, Estados Unidos, Egipto, Irán e Italia (Kashyap *et al*., 2021). En la actualidad se busca que los nuevos cultivares de tomate satisfagan las crecientes demandas de productores y consumidores (Felföldi *et al*., 2021), haciendo importante hacer investigación y mejoramiento genético del cultivo. Este esfuerzo está encaminado a asegurar la calidad y sostenibilidad del fruto, reafirmando su valor como un recurso agrícola crucial (Pérez, 2025). Además, se requiere cubrir la necesidad de identificar nuevos cultivares de tomate de alta calidad genética, que se adapten a las condiciones agroecológicas de las diferentes zonas (Ortega *et al*., 2022). El mejoramiento y la selección continuos han dado lugar a una plétora de variedades específicas de la región con diferentes tamaños de fruta, forma, vida útil, calidad nutricional, capacidad antioxidante, hábito de crecimiento de la planta y otras propiedades organolépticas (Singh *et al*., 2020). Sin embargo, los rendimientos varían de acuerdo con las tecnologías empleadas, desde la producción a campo abierto, hasta invernaderos altamente tecnificados, con sistemas automatizados de riego, nutrición y control fitosanitario (FIRA, 2016). El rendimiento es un carácter cuantitativo, controlado por muchos genes (Rojalin *et al*., 2018) y es el resultado del efecto combinado de varias características morfológicas y su interacción con el medio ambiente. La calidad del fruto del tomate y la biosíntesis de metabolitos se ven fuertemente afectadas por las condiciones de crecimiento de las plantas, incluyendo la salinidad del suelo, la sequía, la temperatura y otros estreses abióticos (Zhou *et al*., 2019). Sabiendo que las condiciones ambientales y edáficas de la zona de producción influyen en la expresión productiva de los cultivares seleccionados para la producción se debe generar información de dichos materiales para ofrecer a los productores de tomate información de su comportamiento y su capacidad productiva en la región.

Objetivo

Evaluar la capacidad productiva y tamaño de frutos de tres materiales de tomate en las condiciones edafoclimáticas de Mante, Tamaulipas.

Materiales y métodos

*Ubicación del experimento***.** El establecimiento del cultivo de tomate se realizó en el campo experimental de la carrera de Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable (IIAS) dentro del Instituto Tecnológico Superior de El Mante (ITSM).

*Establecimiento del experimento y manejo agronómico***.** Se estableció el cultivo a campo abierto, con una preparación de terreno de dos pasos de subsuelo, rastra y formación de bordos a una distancia de 1.5 m. Luego se aplicó en pre-siembra 250 kg del fertilizante DAP (fosfato diamónico 18-46-00), 300 kg de una mezcla de Bocashi y cascarilla de arroz (proporción 80:20) y se colocó cintilla calibre 6 mil con emisores separados a 30 cm. Para la producción de planta se utilizaron charolas germinadoras y el trasplante se realizó 25 días después de la siembra, el 6 de octubre del 2024, antes del trasplante, se aplicó en el cepellón una mezcla de 1 gr de enraizador y 1 ml de imidacloprid por litro de agua. Los híbridos evaluados se identificaron como AH-1 (T1), AH-2 (T2), AH-3 (T3) y testigo regional SV8579 (T4). El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con 4 repeticiones y 10 plantas como unidad experimental; para disminuir el error experimental se eliminaron dos surcos laterales por cada lado. El manejo agronómico se hizo con respecto al paquete tecnológico generado por el INIFAP (Ramírez *et al*., 2015), tomando en cuenta los requerimientos de sus etapas fenológicas, haciendo fertirrigación con fuentes

de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio, y aplicando fertilizantes foliares ricos en micronutrientes y fitohormonas. Se utilizó un manejo integrado de plagas y enfermedades para mantener las plagas por debajo de los umbrales económicos y las enfermedades en baja incidencia y severidad.

*Toma de datos y análisis estadístico***.** Se tomaron datos de dos cosechas, donde las variables evaluadas fueron el porcentaje frutos grandes (PFG) en un rango de hasta 69 mm, porcentaje de frutos medianos (PFM) dentro del rango de 70 a 79 mm, porcentaje de frutos chicos (PFCH) dentro del rango de 80 a 100 mm, rendimiento de frutos grandes (RFG), rendimiento de frutos medianos (RFM) y rendimiento de frutos chicos (RFCH). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza, para determinar la existencia de diferencia estadística entre los tratamientos, y una comparación de medias según Tukey con un nivel de significancia p≤0.05. Los datos fueron analizados en el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticas significativas en la mayoría de las variables evaluadas. Para la primera cosecha (Cuadro 1) se observa que la variable porcentaje de frutos grandes (PFG) en los híbridos AH-2 y SV8579 presentaron valores de 54 y 49 % respectivamente. Los mayores porcentajes de frutos mediano (PFM) los presentaron los híbridos en AH-1, AH-3 y SV8579 (48 y 41 %) y las variedades con menor porcentaje de frutos chicos (PFCH) fueron los materiales AH-1, SV8579 y AH-2 (10 y 11 %). En el rendimiento los híbridos AH-3 presentó el mayor valor en rendimiento de frutos grandes (RFG) con 8.31 t ha^{-1}, para rendimiento de frutos medianos (RFM) AH-3 y AH-1 presentaron rendimientos más altos 5.49 t ha^{-1} y 5.47 t ha^{-1} respectivamente. Para rendimiento de frutos pequeños (RFP) los mayores estuvieron en los híbridos AH-3. La variedad con menor rendimiento de frutos pequeños fue el material SV8579 (0.39 t ha^{-1}).

Cuadro 1. Medias de las variables evaluadas en tres híbridos nuevos y SV8579 como testigo regional, primera cosecha.

Tratamiento	PFG (%)	PFM (%)	PFCH (%)	RFG (t ha^{-1})	RFM (t ha^{-1})	RFCH (t ha^{-1})
AH-1	42.00 b	48.00 a	10.00 b	7.65 a	5.47 a	0.76 b
AH-2	54.00 a	35.00 b	11.00 b	7.82 a	3.55 b	0.53 b
AH-3	41.00 b	41.00 ab	18.00 a	8.31 a	5.49 a	1.45 a
SV8579	49.00 ab	41.00 ab	10.00 b	7.99 a	4.61 ab	0.39 b

*Medias con misma literal entre columna son estadísticamente iguales. PFG: Porcentaje de frutos grandes, PFM: porcentaje de frutos medianos, PFCH: porcentaje de frutos chicos, RFG: rendimiento de frutos grandes, RFM: rendimiento de frutos medianos y RFCH: rendimiento de frutos chicos (rendimiento expresado en t ha^{-1}).

En la segunda cosecha de tomate se encontraron diferencias estadísticas significativas en todas las variables evaluadas. En los análisis de comparación de medias de la segunda cosecha (Cuadro 2), se encontró que el material AH-2 presentó mayor porcentaje de frutos grandes (70 %). Para PFM los materiales AH-1 y AH-3, tuvieron el mayor porcentaje (36 % y 32 %) y se encontraron dentro del mismo grupo estadístico. En el PFCH el material SV8579, presentó el mayor porcentaje (17 %) en comparación con los demás materiales evaluados. En cuanto al rendimiento que se presentó en frutos grandes, el material con mayor rendimiento fue AH-2 con 14.86 ton ha^{-1}. Para RFM el material AH-1 presentó el mayor rendimiento con 6.40 ton ha^{-1}. En cuanto a RFCH, los materiales que presentaron mayor porcentaje fueron AH-1 y SV8579 (1.75 y 1.43 t ha^{-1}), los cuales se clasificaron dentro del mismo grupo estadístico.

Una característica importante en el mejoramiento genético del tomate es el aumento y uniformidad del tamaño de fruto, frutos de 10 a 100 veces más grandes que su ancestro silvestre (Lin *et al*., 2014), sin embargo, también se busca mejorar el rendimiento (Zhang *et al*., 2024), por eso en esta investigación se centró en el tamaño de los frutos y el rendimiento promedio de cada uno de los materiales evaluados. Borrego *et al*. (2022), realizaron una evaluación en diferentes genotipos de tomate en tres ambientes agronómicos, donde la principal variable a determinar fue rendimiento, donde los valores más altos fueron 124.99 t ha^{-1}, estos resultados son de una experimentación en condiciones de invernadero, a diferencia de los obtenidos en esta investigación, que se desarrolló en campo abierto considerando dos cosechas y donde los rendimientos oscilaron entre 8.31 t ha^{-1} para la primera cosecha y 14.86 t ha^{-1} para la segunda cosecha. Krishnamurthy *et al*. (2015) mencionan que el uso de medias fenotípicas está muy extendido en los estudios de estabilidad y adaptabilidad en diferentes cultivos, pero no se puede considerar como un procedimiento confiable para predecir los valores genotípicos, debido a que existen diferentes factores que

influyen y se pueden generar valores genotípicos no muy confiables. La variabilidad entre los rendimientos de los materiales evaluados puede deberse a la falta de adaptabilidad de los materiales estudiados a las condiciones del suelo especificas del área de cultivo. Esto destaca la importancia de considerar factores como adaptabilidad genética y la interacción suelo-planta para mejorar el rendimiento de los cultivos de tomate y maximizar la producción en sistemas agrícolas (Chisaguano, 2024).

Cuadro 2. Medias de las variables evaluadas en tres híbridos nuevos y SV8579 (testigo regional), segunda cosecha.

Tratamiento	PFG (%)	PFM (%)	PFCH (%)	RFG (t ha^{-1})	RFM (t ha^{-1})	RFCH (t ha^{-1})
AH-1	51.00 b	36.00 a	13.00 b	12.99 ab	6.40 a	1.75 a
AH-2	70.00 a	23.00 b	7.00 c	14.86 ab	3.22 c	0.69 b
AH-3	56.00 b	32.00 a	12.00 b	12.48 ab	4.69 b	1.24 ab
SV8579	53.00 b	30.00 ab	17.00 a	10.12 b	3.93 bc	1.43 a

*Medias con misma literal entre columna son estadísticamente iguales. PFG: Porcentaje de frutos grandes, PFM: porcentaje de frutos medianos, PFCH: porcentaje de frutos chicos, RFG: rendimiento de frutos grandes, RFM: rendimiento de frutos medianos y RFCH: rendimiento de frutos chicos (rendimiento expresado en t ha^{-1})

Conclusiones

De los nuevos híbridos, que se están investigando, el material identificado como AH-2 se cosechó un mayor porcentaje de frutos grandes, lo que se traduce en alto rendimiento, esta característica le ofrece alto valor a la cosecha, ya que el mercado busca frutos grandes. Por eso, se debe seguir investigando el comportamiento del híbrido AH-2 para que sea una opción para los productores de la región y pueda ser comercializado para su producción en la zona del Mante Tamaulipas.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico Superior de El Mante e INIFAP Campo Experimental Las Huastecas por los recursos y materiales proporcionados para la realización de la investigación.

Referencias bibliográficas

Ramírez, M. M., Arcos, C. G., Mata, V. H., Vázquez, G. E., & Méndez, A. R. (2015). Variedades e híbridos de chile y su manejo para el sur de Tamaulipas. Campo Experimental Las Huastecas. CIRNE-INIFAP. Folleto Técnico Núm. MX-0-310701-11-03-14-09-40.

Pérez Romera, J. (2025). Evaluación de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con resistencia a virus, cultivados en condiciones comerciales, en el ciclo de verano-otoño de 2023.

Zhang, J., Lyu, H., Chen, J., Cao, X., Du, R., Ma, L., Wang, N., Zhu, Z., Rao, J., Wang, J., Zhong, K., Lyu, Y., Wang, Y., Lin, T., Zhou, Y., Zhou, Y., Zhu, G., Fei, Z., Klee, H., & Huang, S. (2024). Releasing a sugar brake generates sweeter tomato without yield penalty. Nature, 635(8039), 647–656. https://doi.org/10.1038/s41586-024-08186-2

CONTENIDO MINERAL DE GRANOS DE CACAO CULTIVADOS EN EL ESTADO DE GUERRERO, MÉXICO

Oscar Martín Antúnez-Ocampo[1a]*, José Luis Solís-Bonilla[1b], Cristo Omar Puente-Valenzuela[1c], Juan Elias Sabino-Lopéz[2]

[1a]INIFAP-Campo Experimental Iguala. Iguala, Guerrero. México. [1b]INIFAP-Campo Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas. México. [1c]INIFAP-CENID RASPA. Gómez Palacio, Durango. México. [2]Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala de la Independencia, Guerrero. México.
*Autor para correspondencia: antunez.oscar@inifap.gob.mx

Palabras clave: cacao, Guerrero, minerales.

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia Sterculiaceae y se distribuye en forma natural en los estratos medios de las selvas cálidas húmedas del trópico mexicano, siendo cultivado principalmente en los estados de Tabasco (34,260.50 ha), Chiapas (17,923.40 ha) y Guerrero (265.19 ha), y en menor superficie en Veracruz. Lo que se comercializa del árbol de cacao son sus almendras o granos, ingredientes esenciales en la preparación de varios alimentos, postres, alta confitería, licores y en la elaboración de productos de la industria cosmética, además, su sabor y aroma son de gran preferencia por la humanidad (Di Carro *et al.*, 2015). Con la evolución de la comercialización del cacao surgió una clasificación comercial basada en el perfil aromático de cada cultivar, que se divide en dos: i) cacao a granel u ordinario (Forastero) y ii) cacao fino de aroma (criollo o nativo y Trinitario). En el caso del cacao sin aroma resalta por sus notas frutales, herbarias, amaderadas, florales, de nueces y dulces y de menor amargor. Por otro lado, el cacao nativo es considerado de alta calidad debido a que es más aromático, de bajo amargor, de pulpa dulce y con sabores que evocan al caramelo y nueces. Debido un super perfil aromático, el cacao criollo ha sido empleado en la elaboración de chocolatería fina (Arvelo *et al*., 2016). Estas notas características de los cacaos están asociadas al contenido de compuestos. volátiles, y comprenden ésteres, aldehídos, pirazinas, alcoholes, algunos ácidos y furanos (Vázquez-Ovando *et al*., 2015; Utrilla-Vázquez *et al*., 2017). En este sentido, la selección de un determinado tipo de cacao por los fabricantes de chocolate no solo es por los aspectos físico del grano como el tamaño y el porcentaje de cáscara, sino también por los parámetros químicos como el contenido de grasa, dureza de la manteca y la humedad y compuestos bioactivos. Por esta razón es importante evaluar dichos parámetros de calidad en los cacaos nativos y mejorados que representan gran interés a los chocolateros tanto artesanales como industriales, debido a los atributos organolépticos que contienen, y que son factores condicionantes de la calidad final de los granos durante la postcosecha (Álvarez *et al*., 2007).

Objetivo

Determinar el valor nutricional de los frutos de dos genotipos de cacao cultivados en la región Costa Chica del estado de Guerrero, México. La hipótesis planteada fue que al menos un genotipo presenta frutos con diferente contenido de nutrimentos**.**

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizaron semillas de dos genotipos de cacao; el primero fue de Forastero, variedad mejorada (plantas con 10 años de edad) y el segundo fue el Copataiste material nativo (plantas con 12 años de edad), ambos cultivados en la localidad de Coacoyulichan perteneciente al municipio de Cuautepec, que se ubica en la región Costa Chica del estado de Guerrero.

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos fueron los dos materiales de cacao (Copataiste y Forastero). Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Cada repetición estuvo constituida por 60 gramos de semillas representativas de cada genotipo de cacao.

Análisis de las semillas. El análisis químico de las muestras de semillas se realizó en el laboratorio de suelos del CENID - RASPA del INIFAP, ubicado en Gómez Palacio, Durango, México. Las determinaciones se hicieron con base en los pasos de: i) secado (a 75ºC hasta llegar a peso constante) y homogenización de la muestra (tamaño de partícula menor a 0.5 mm); ii) digestión húmeda de las muestras; iii) análisis de las muestras digeridas, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (Analyst700 PerkinElmer®). La cuantificación de potasio se hizo con muestras diluidas en agua; mientras que, la determinación de calcio fue en muestras diluidas y adicionadas con lantano en solución ácida de ácido nítrico en proporción

de 0.774 g L^{-1} y acidez del 1 %. Todos estos elementos fueron analizados por aspiración directa en flama aire - acetileno, en el espectrofotómetro de absorción atómica. El fósforo se determinó a partir del digerido empleando la técnica de colorimetría con desarrollo de color con solución mixta de molibdato - metavanadato de amonio, en un espectrofotómetro Jenway® modelo 73 UV/VIS, a una longitud de onda de absorción máxima de 490 nm. El análisis del nitrógeno total, consistió primeramente de la destrucción completa de la muestra, posteriormente se utilizó una alícuota de la preparación digerida y se sometió al método de Berthelot para su cuantificación en el espectrofotómetro. Como control de calidad externo se empleó el material de referencia certificado de la NIST® SRM® 1573a de hojas de tomate (con recuperaciones superiores al 95 por ciento para cada uno de los elementos). Los resultados obtenidos de las mediciones en macrominerales se expresaron en porcentaje (%).

Variables en estudio y análisis de la información. Las variables que se determinaron en la semilla fueron el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. La información obtenida de los análisis químicos se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey al 5 %) con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1 (SAS, Institute, 2002).

Resultados y discusión

Los análisis de varianza de los contenidos de tres minerales de los granos no mostraron significancia ($\alpha \leq 0.05$) por efecto del genotipo de cacao (Cuadro 1). No obstante, dos nutrimentos fueron afectados en su contenido por el tipo de genotipo, en este caso fueron el nitrógeno y fósforo.

Cuadro 1. Significancia del contenido nutrimental de los granos de dos genotipos de cacao.

F.V.	N	P	K	Ca	Mg
Genotipo	0.0013*	0.0015*	0.1408 ns	0.2028 ns	0.1363 ns
C. V. (%)	5.6	4.4	10.4	83.7	7.8

F.V. = fuente de variación. C.V. = coeficiente de variación. N = nitrógeno. P = fósforo. K = potasio. Ca = calcio. Mg = magnesio. *= significativo α ≤ 0.05.

El mayor contenido de nitrógeno (3.23% N) y fósforo (0.57% P) se presentó en los granos del genotipo nativo (Copataiste), superando en 43 % en N y 32 % en P a los del grano del cacao Forastero (2.24% N y 0.43%). En contraste, los granos de ambos tipos de cacao registraron contenidos estadísticamente similares en potasio (0.76 y 0.88% K), calcio (0.02 y 0.06 % Ca) y magnesio (0.40 y 0.45% Mg) (Figura 1).

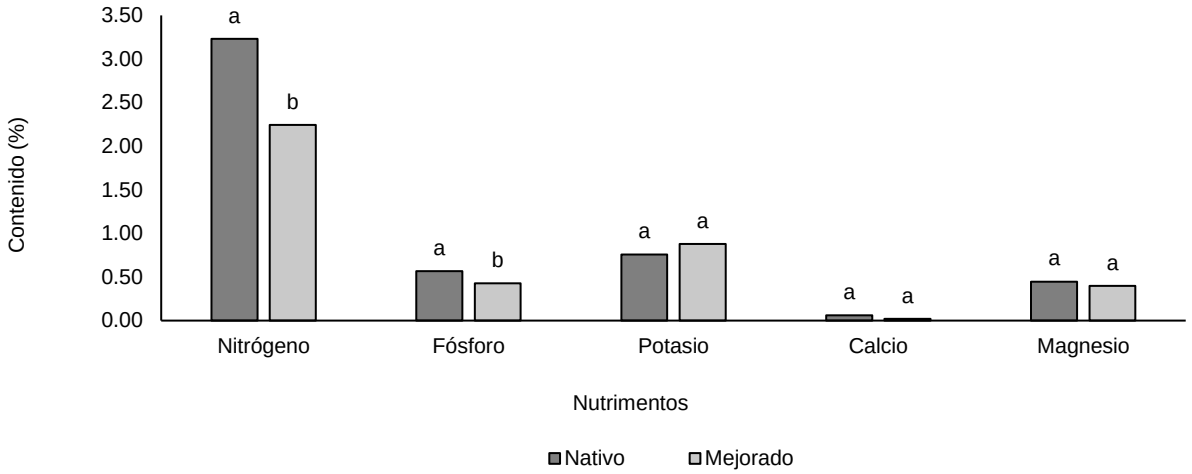


Figura 1. Contenido mineral del grano de los genotipos de cacao cultivados en el estado de Guerrero. Promedios de cada mineral con letra diferente son estadísticamente diferentes Tukey, $p < 0.05$.

La variación en la calidad química del grano de cacao también ha sido documentada en otros estudios. En Colombia, en la región de Urabá se documentó que el contenido de Ca, P, K y Mg del grano de cacao CCN 51 e ICS 95 evidenciaron diferencias significativas por efecto de las épocas de cosecha (Aidé *et al.*, 2011). En Ecuador, un estudio reportó diferencias significativas en los contenidos de K (460.63 a 824.00 mg/100

g), Ca (85.67 a 108.80 mg/100 g), Mg 213.03 a 228.50 mg/100 g) en los granos de cacao fino de aroma por efecto de lugar de producción (21 fincas productoras). También, se ha descrito que los granos frescos contienen de 11 a 16 % proteína, 44.45 % de grasa cruda y 2.65 % de fibra dietaria; además, contienen flavonoides y metilxantinas, compuestos que le confieren un efecto estimulante (Valenzuela 2007; Romel *et al*., 2008). En Venezuela, específicamente en la zona de Cuyagua se encontraron diferencias en las características del grano de cinco genotipos de la colección del Banco de Germoplasma del INIA con una muestra comercial de cacao; en el caso de los genotipos del banco se obtuvo de 12.31 a 14 % de proteína, 2.86 a 3.32 % de ceniza, 0.26 a 0.37 % de fibra cruda y de 19.94 a 25.05 % azucares totales (como glucosa); en contraste, los granos de material comerciales expresaron contenidos de proteína de 11.32%, ceniza 3.29%, fibra cruda 0.42% y azucares totales 23. 79% (Álvarez *et al*., 2007).
Las variaciones en la composición química de los granos pueden estar influenciadas por el genotipo, características del suelo y clima (origen geográfico), los fertilizantes utilizados u otros factores del manejo agronómico y por la condición y época de la cosecha (Aidé *et al*., 2011; Fernández *et al*., 2022).

Conclusiones

El genotipo de cacao influyó en las propiedades químicas del grano de cacao, variando el contenido de proteína, y macronutrientes primarios (N, P, K), siendo el más sobresalientes el criollo Copataiste en algunos minerales. El orden de abundancia de los minerales en el grano fue N, K, P, Mg, Ca. En consecuencia, es importante considerar estos factores en el beneficio del cacao, adecuando el proceso de acuerdo con las características del grano.

Agradecimientos

A los estudiantes de servicio social del periodo 2024-2025 del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) y de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro).

Fuente financiadora

Caracterización y productividad *ex situ* y aspectos socioeconómicos de productores de frijoles nativos de Guerrero, México, SIGI 2-16-2048235996-A-M.2-2.

Referencias bibliográficas

Aidé P. J., Ramírez O. L. y Villamizar A. R. 2011. Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial 9(1): 35-42.

Álvarez C., Pérez E. y Lares M. C. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. Agronomía Tropical 57(4): 249-256.

Arvelo M. A., Delgado T., Maroto S., Rivera J., Higuera C. I. y Navarro I. 2016. Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Fernández C. O. Á., Salgado N. D. L., Silva E. E. P., Del M. Amaíz L. y González J. G. P. 2022. Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao. Fundación grupo para la investigación, formación y edición transdisciplinar (GIFET)–DIRECTIVA:12-25.

Morales-Rodríguez W. J., Carlosama-Martínez J. M., Sinchi R. C. A., Alderete R. A. J., Vallejo T. C. A. y Morales C. W. J. 2024. Calidad química del cacao (*Theobroma Cacao* L.) tipo nacional de la parroquia Valle Hermoso – Ecuador. Revista Ciencia y Tecnología 17(1): 38-49.

VALORIZACIÓN DEL MANGO ATAULFO (*Mangifera indica* L.) DE DESCARTE COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPRODUCTOS ENERGÉTICOS

Daniela Rocelyn López-Cancino[2], Biaani Beeu Martínez-Valencia[1]*, José Luis Solis-Bonilla[1], Luis Antonio Flores-Hernández[3]

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa. [2]Universidad Abierta y a Distancia de México (UnADM), [3]INIFAP, Campo Experimental Iguala.
*Autor para correspondencia: martinez.biaani@inifap.gob.mx

Palabra clave: Biorrefinería, producción sostenible, residuos lignocelulósicos.

Introducción

Actualmente, la población mundial es de 8 mil millones de personas y las estimaciones de las Naciones Unidas (ONU) sugieren que para 2050 será de 9.6 mil millones. Este crecimiento incrementará la producción de alimentos, lo que resultará en una importante generación de residuos en las industrias agroalimentarias (García-Mahecha *et al*., 2023). Los desechos del procesamiento de frutas se pueden utilizar como nuevas fuentes de compuestos bioquímicos y bioactivos para el desarrollo de productos nutracéuticos, energéticos, por ejemplo, la producción de mangos, mangostanes y guayabas fue de más de 59 millones de toneladas métricas en 2022 (Cárdenas-Hernández *et al*., 2024), donde se ha estimado que el mango (*Mangifera indica L*.) representa el 85% de la producción. México es uno de los principales productores de mango a nivel mundial, destacando variedades como Ataulfo, Haden, Tommy Atkins, Kent y Keitt. El 20% del mango producido se destina al procesamiento (Torre-León *et al*., 2021), lo que genera altos volúmenes de desechos (35–60% del peso del mango se considera desperdicio, puede perderse o ser desechada por razones estéticas, de maduración o calidad) durante el manejo postcosecha, procesamiento industrial y comercialización, principalmente en forma de cáscaras, semillas y pulpa descartada. Estos residuos representan un problema ambiental si no se gestionan adecuadamente, ya que son altamente biodegradables y pueden contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero y a la proliferación de vectores patógenos en sitios de disposición final y efecto negativo en la salud humana. Sin embargo, también poseen un alto potencial de valorización debido a su riqueza en azúcares, fibra, compuestos fenólicos, lo cual los hace aptos para procesos de transformación en biocombustibles (como bioetanol y biogás), biofertilizantes, entre otros. La incorporación de estos residuos a esquemas de biorrefinería y bioeconomía circular puede contribuir a una producción agroindustrial más sostenible, generar valor agregado, fomentar la innovación tecnológica y reducir el impacto ambiental de la cadena de valor del mango. Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar bioquímicamente mangos de descarte como una alternativa para su aprovechamiento integral.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el INIFAP en el Campo Experimental Rosario Izapa en las instalaciones del Laboratorio de Bioenergía. El material biológico correspondió a frutos de mango Ataulfo de descarte, colectados en el ejido Guadalupe Victoria en el municipio de Huehuetán, Chiapas. Mediante la norma NMX-FF-058-SCFI-2006 se seleccionaron los mangos considerados como de descarte. Posteriormente se determinó el peso seco de la parte del fruto (cascara, pulpa y semilla) y humedad por método gravimétrico en un horno de secado a 60 °C durante 24 horas. Además, se caracterizó la cáscara y semilla del fruto para conocer su composición en cuanto a lignina (método Klason), sustancias extractivas, celulosa, hemicelulosa y holocelulosa como moléculas plataforma para la obtención de azúcares fermentables (Carrier, *et al*., 2010). Se realizó un pretratamiento de hidrólisis ácida con explosión por vapor para obtener azucares a partir de residuos de cáscara y semilla mediante las siguientes condiciones: temperatura constante de 110 ºC ± 2, 8 % (g/g) de biomasa seca, 2% (g/g) de ácido sulfúrico, 90 mL de agua, y 60 min. Posteriormente se obtuvo etanol mediante fermentación anaerobia a partir de pulpa de mango de descarte e hidrolizados lignocelulósicos de cáscara y semilla utilizando *Saccharomyces cerevisiae* durante a 30 °C, pH 5, y 200 rpm durante 96 h. Las variables respuesta fueron el rendimiento de etanol y contenido de azúcares. Se realizó el ANOVA, comparación de medias ($p \leq 0.05$), mediante el paquete estadístico R versión 3.5.1 (R Core Team, 2018).

Resultados y discusión

En la Figura 1, se puede ver la incidencia de defectos, siendo los más comunes las enfermedades como la antracnosis y la pudrición con un 90%; heridas por insectos y manchas de temporada de lluvias en un 80%, y sobremaduración en un 70%. Entre las características que califican su descarte están un tamaño menor con respecto al grado de madurez esperado, mangos agrietados, consistencia blanda, olores o sabores extraños, daños por plaga, presencia de defectos en la cáscara como manchas necróticas negras, estrías y manchas suberizadas, magulladuras sanas mayores a 7 cm^2 y un tamaño del pedúnculo mayor a 1 cm (Rivas-Robles *et al*., 2020; Sosa, 2020). Se les denominan mangos de descarte a aquellos frutos que no se pueden comercializar en el mercado de exportación, mercado nacional de primera o de segunda, o el mercado subestándar.

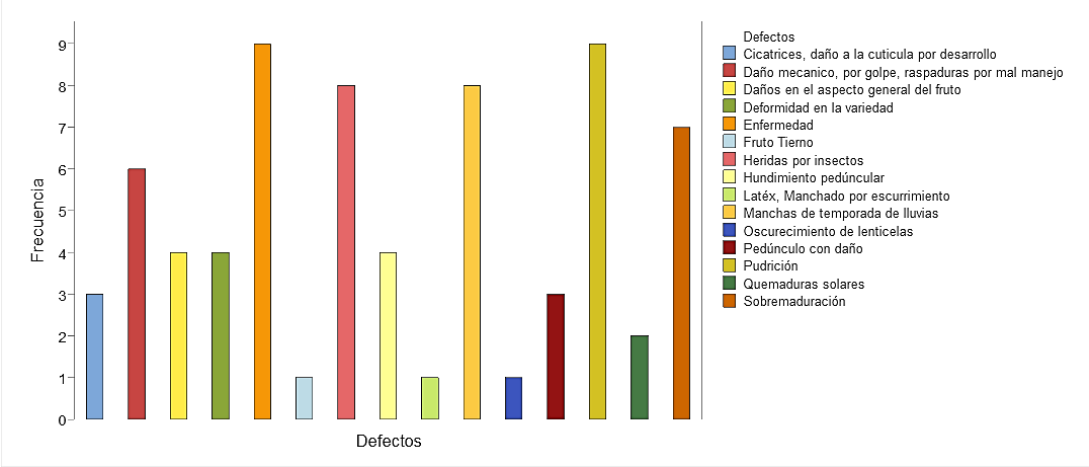


Figura 1. Características encontradas en los frutos de mango de descarte.

Los residuos del mango Atufo están constituidos principalmente de un 23.68% de cáscara, 46.88 % de semilla y un 33 % de pulpa de acuerdo con los resultados mostrados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución porcentual del fruto de mango y contenido de humedad.

Residuo agrícola	Humedad (%)	Peso seco (%)
Pulpa de mango	76.32 ± 5.20a	33.98 ± 3.134b
Cáscara de mango	66.01 ± 3.134b	23.68 ± 5.20c
Semilla de mango	53.12 ± 5.65c	46.88 ± 5.65a

Medias de diferencia significativa con letras en comparación de medias Tukey ($p < 0.05$).

En cuanto a su composición bioquímica se puede observar en el Cuadro 2, diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la media de la composición de la cascara con la semilla del mango. Lo que representa el potencial de estas moléculas como materia prima por su composición de celulosa y hemicelulosa en donde se pueden obtener azúcares fermentables para la transformación a productos como bioetanol, biogás y bioaceite.

Cuadro 2. Composición bioquímica de cáscara y semilla de mango de descarte

Partes del fruto de mango	Sustancias Extractivas (%)	Lignina (%)	Holocelulosa (%)	∝ - celulosa (%)	Hemicelulosa (%)
Cáscara de mango	6.56±2.513b	2.13±0.958b	22.40±0.442b	19.85±0.085b	2.51±0.314b
Semilla de mango	12.74±1.588a	16.41±2.41a	71.05±6.29a	54.03±2.31a	17.02±4.15a

Nota. Medias de diferencia significativa con letras en comparación de medias Tukey ($p < 0.05$)

En el Cuadro 3, se puede observar el contenido de etanol obtenido mediante dos diferentes tipos de sustratos propuestos, donde se observa que con el sustrato de pulpa de mango con hidrolizados ricos en azúcares se obtuvo 27.07 g/L de etanol.

Cuadro 3. Fermentación con *Saccharomyces cerevisiae* a partir de frutos de descarte de mango.

Sustrato	Etanol (g/L)	Contenido de azúcares inicial (g/L)	Contenido de azúcares final (g/L)
Pulpa de mango de descarte	13.852 ± 2.313 b	15.1 ± 0.811	4.711±0.278
Pulpa de mango con hidrolizados de cáscara y semilla.	27.07 ± 2.391 a	73.68 ± 5.09	16.44 ± 1.889

Medias de diferencia significativa con letras en comparación de medias Tukey ($p < 0.05$).

Conclusiones

Los residuos de mango son materiales que se pueden emplear para la obtención de bioetanol, según su caracterización bioquímica, demostrando contenidos de holocelulosa desde un 22% del peso en seco y contenidos de celulosa desde 19% a 54% del peso en seco. El pretratamiento ácido con explosión a vapor de los residuos lignocelulósicos permitió la liberación de concentraciones de azúcares desde 20 g/L, seleccionando aquellos residuos con mayor concentración. El modelo de fermentación propuesto de pulpa de mango de descarte con hidrolizados ácidos y enzimáticos consiguió obtener un 27.07 g/L de etanol.

Referencias bibliográficas

García-Mahecha, M., Soto-Valdez, H., Carvajal-Millan, E., Madera-Santana, T. J., Lomelí-Ramírez, M. G., & Colín-Chávez, C. (2023). Bioactive Compounds in Extracts from the Agro-Industrial Waste of Mango. *Molecules*, *28*(1), 458. https://doi.org/10.3390/molecules28010458

Cárdenas-Hernández E., Torres-León C., Chávez-González M.L., Matos-Ximenes R., Gonçalves da Silva T., Ascacio-Valdés J.A., Martínez-Hernández J. L., Aguilar C.N. (2024). From agroindustrial waste to nutraceuticals: Potential of mango seed for sustainable product development, Trends in Food Science & Technology, 154, ISSN 0924-2244, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104754.

Carrier, M., Loppinet-Serani, A., Venus, D., Lasnier, J.-M., Ham-Pichavant, F., Cansell, F., & Aymonier, C. (2011). Thermogravimetric analysis as a new method to determine the lignocellulosic composition of biomass. *Biomass and Bioenergy, 35*(1), 298–307. doi:10.1016/j.biombioe.2010.08.067

Torres-León C., de Azevedo-Ramos B., dos Santos-Correia M.T., Carneiro-da-Cunha M.G., Ramirez-Guzman N., Alves L.C., Brayner F.A., Ascacio-Valdes J., Álvarez-Pérez O.B, Aguilar C.N. (2021). Antioxidant and anti-staphylococcal activity of polyphenolic-rich extracts from Ataulfo mango seed, LWT, 148, ISSN 0023-6438, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111653.

R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical com-puting. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.http://www.R-project.org/

BIOPROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE EXTRACTOS FENÓLICOS DE CARDO SANTO PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE SOYA

Biaani Beeu Martínez-Valencia[1]*, Betsi Yereli Martínez-Salazar[2], José Luis Solis-Bonilla[1], Manuel Grajales-Solis[1], Guillermo López-Guillén[1], Moisés Alonso-Baez[1]

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870, Tuxtla Chico, Chiapas. [2]Tecnológico Nacional de México, Campus Tapachula, Tapachula, Chiapas, México. C. P. 30700.
*Autor para correspondencia: martinez.biaani@inifap.gob.mx

Palabra clave: Bioherbicida, optimización, sostenibilidad.

Introducción

En la agricultura, el manejo de malezas en los diferentes cultivos como la soya, es una práctica agronómica clave. Las malezas son un problema importante en la producción de cultivos y su manejo en la agricultura moderna es crucial para evitar pérdidas de rendimiento y garantizar la seguridad alimentaria (Bajwa A.A. *et al*, 2015). Se ha demostrado que el uso constante de herbicidas en el campo para controlar las malezas durante un período prolongado causa resistencia a los herbicidas, existen residuos en los cultivos, desequilibrio ecológico entre organismos nocivos y beneficiosos, contaminación ambiental y efectos negativos en la salud humana (Hasan *et al.,* 2021). Los extractos de plantas, que tradicionalmente se utilizan con fines médicos o nutricionales, pueden servir como alternativa para el desarrollo de bioherbicidas para prácticas agrícolas sostenibles en el manejo de malezas. Los bioherbicidas producidos a partir de extractos de fuentes naturales han mostrado un potencial prometedor contra las malezas. Varios compuestos de extractos de plantas poseen una actividad inhibidora específica contra el crecimiento de ellas (El-Darier *et al*., 2014). Sin embargo, hay muchos elementos que pueden influir en la eficacia de los bioherbicidas, como el tipo de compuestos bioactivos, la concentración de los extractos y la planta objetivo que son los principales factores responsables de las interacciones alelopáticas. En México, la *Argemone mexicana* L. se conoce como cardosanto, chicalote, como muchos de estos alcaloides inhiben el crecimiento de diferentes microorganismos, que es prometedor para el desarrollo de nuevos fármacos, como los antibióticos. Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo optimizar un bioproceso para obtener un extracto etanólico a partir de hojas de cardo santo, mediante la evaluación de variables de proceso como cantidad de biomasa y tiempo, que influyen sobre la concentración de los compuestos fenólicos extraídos, además se evaluó en vivero el porcentaje de germinación de tres malezas.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en el INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa en las instalaciones del Laboratorio de Bioenergía y en el área de viveros. El material biológico correspondió a hojas de cardo santo que fueron colectadas, molidas y secadas durante 24 h a 60 ° C. Con el fin de evaluar las variables de procesos que influyen en la máxima obtención de los compuestos fenólicos se utilizó un diseño factorial 3^2, un total de 9 tratamientos con 3 repeticiones. Las variables de proceso fueron tiempo (24, 48 y 72 horas) y concentración (20, 40 y 60 g/L) utilizando como solvente etanol (96%). Evaluando las variables de respuesta que fueron compuestos totales (g/L) y fenoles totales (g/L). Para la preparación de los extractos etanólicos se hicieron de acuerdo con las concentraciones antes descritas. Una vez realizados los extractos por maceración, se colocaron en un sonicador durante 15 minutos, posterior a eso se colocaron en un lugar oscuro se marcaron los tiempos conforme a los tratamientos. Se realizó un análisis de varianza y gráficas de superficie de respuesta utilizando el programa Statgraphics. De los mejores tratamientos con mayor concentración de compuestos fenólicos se evaluó en campo su acción bioherbicida con dos concentraciones 50 y 100%, para ellos se establecieron en vivero tres malezas representativas del cultivo de soya: Zacate luzca (*Digitaria horizontales* Willd), Bledo blanco (*Amaranthus hybridus* L.) y Bledo colorado (*Amaranthus palmeri* S. Wats). En vivero, se empleó un diseño bloques al azar, con tratamientos y cuatro repeticiones con parcela útil de tres bolsas por repetición, en total 12 repeticiones por tratamiento. Las variables respuesta fueron porcentaje de germinación. De la misma forma se aplicó un ANOVA, comparación de medias ($p \leq 0.05$), mediante el paquete estadístico R versión 3.5.1 (R Core Team 2018).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de los tratamientos realizados sobre la extracción de compuestos fenólicos de hojas de cardo santo se observan en la Figura 1. Los efectos de la relación que se obtuvo en el proceso de extracción con alcohol entre el tiempo y la concentración sobre la biomasa extraída (%), se presentan como superficie de respuesta tridimensional generado por los modelos matemáticos de segundo orden de cada experimento evaluado. Sobre la base de los gráficos de superficie de respuesta, la interacción entre dos variables y sus niveles óptimos se puede entender y ubicar fácilmente en la Figura 1. Los valores óptimos de estos factores se obtuvieron resolviendo la ecuación de regresión (datos no mostrados). En el rango probado, los niveles óptimos de tiempo y concentración de catalizador fueron de 24 h y 20 g/L de hoja seca utilizando etanol como solvente, con 15 min de sonicación a temperatura ambiente, por lo cual se obtiene un rendimiento de biomasa extraída mayor al 16 % (Figura 1).

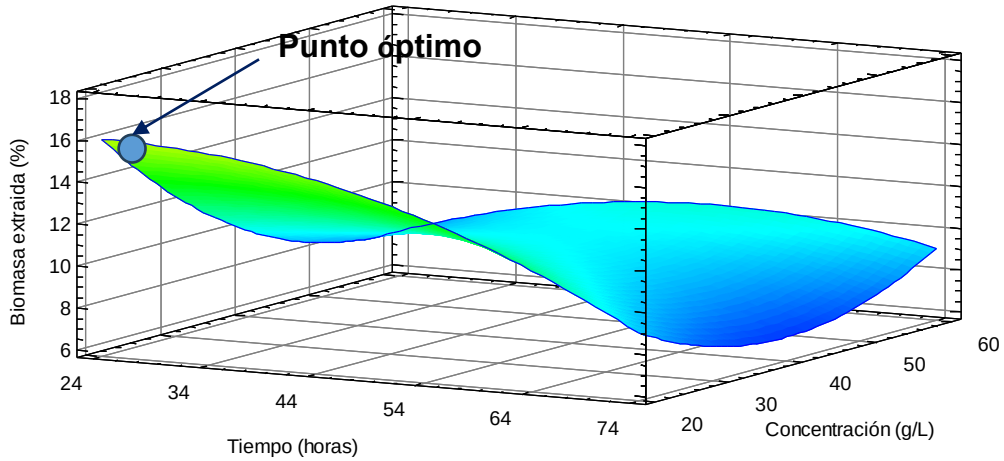


Figura 1. Gráfico de superficie de respuesta sobre los efectos de tiempo (horas) y concentración (g/L) en el rendimiento de extracción de compuestos bioactivos de hojas de cardo santo.

Para el caso de la evaluación del efecto en preemergencia sobre la germinación en zacate luzaca, bledo blanco y bledo colorado, se encontraron diferencias significativas ($p< 0,05$) entre el porcentaje de germinación del testigo con los extractos de hojas de cardo santo al 50 y 100 % de concentración (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto preemergente del extracto sobre la germinación de tres malezas zacate luzaca, bledo colorado y bledo blanco.

Tratamiento	Extracto	Concentración (%)	Zacate Luzaca	Bledo colorado	Bledo blanco
			Germinación (%)	Germinación (%)	Germinación (%)
1	Agua	Testigo	88.33 a*	65.83a	98.33 a
2	Etanólico	100	16.67 b	25.00b	58.33 b
3	Etanólico	50	8.33 c	33.33b	83.33 ab

*Medias con letras distintas por columna, son estadísticamente diferentes (p≤0.05).

Conclusiones

Se desarrollo un proceso para la obtención de un extracto fenólico a partir de hojas de cardo santo bajo las siguientes condiciones que fueron 24 horas y 20 g/L de biomasa utilizando etanol como solvente, con 15 min de sonicación a temperatura ambiente, por lo cual se obtiene un rendimiento de biomasa extraída mayor al 16 %. El extracto obtenido de cardo santo puede inhibir en preemergencia la geminación de ciertos tipos de maleza como el zacate luzaca, bledo colorado y bledo blanco ambos en comparación con el testigo.

Para su posible uso en suelos agrícolas es recomendable realizar estudios sobre la respuesta de las plantas en fase de vivero y posteriormente en campo.

Referencias bibliográficas

Bajwa AA, Mahajan G, Chauhan BS. (2015). Nonconventional Weed Management Strategies for Modern Agriculture. *Weed Science*, 63(4):723-747. doi:10.1614/WS-D-15-00064.

El-Darier, S.M.; Abdelaziz, H.A.; ZeinEl-Dien, M.H. (2014). Effect of soil type on the allelotoxic activity of *Medicago sativa* L. residues in *Vicia faba* L. agroecosystems. *J. Taibah Univ. Sci.*, *8*, 84–89.

Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M. S., Rosli, A. M., & Hamdan, H. (2021). Bioherbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management. *Plants*, *10*(6), 1212. https://doi.org/10.3390/plants10061212.

R Core Team (2018) R: A language and environment for statistical com-puting. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.http://www.R-project.org/

EFECTO DE LAS CITOCININAS EN LA FLORACIÓN Y RENDIMIENTO DE FRUTOS DE MANGO CV. ATAULFO EN LA COSTA DE OAXACA

Luis Antonio Gálvez-Marroquín[1], Rafael Ariza-Flores[2]

[1]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP; [2]Dirección Regional del CIRPAS, INIFAP.
*Autor para correspondencia: galvez.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Promotor de floración, productividad, fitohormona.

Introducción

En la Costa de Oaxaca, el cultivo de mango representa una fuente importante de ingresos económicos para los pequeños y medianos productores. Una de las variedades cultivadas, es Ataulfo, por sus características organolépticas, como sabor dulce, textura suave y color amarillo intenso. En esta zona, se registra una superficie de producción de 1,293 hectáreas, con un rendimiento promedio de 12.29 toneladas por hectárea, y una producción anual de 15, 571.56 toneladas de fruta.

En la región Costa de Oaxaca, el mango cv. Ataulfo inicia su floración de manera natural a partir de febrero, y la cosecha ocurre entre mayo y junio, que coincide con el inicio del periodo de lluvias. Esto último, favorece la aparición de enfermedades provocadas por hongos, que afectan negativamente la calidad y el valor comercial de la fruta. Por lo tanto, los productores realizan prácticas de inducción floral anticipada, con el propósito de adelantar la cosecha de frutos y tener acceso a mejores precios en el mercado.

Uno de los reguladores de crecimiento más utilizados en la inducción floral del mango es el paclobutrazol (PBZ), que actúa como inhibidor de la biosíntesis de giberelinas que promueve la floración, incluso aun en condiciones ambientales poco favorables (Pérez *et al*., 2011). Sin embargo, el uso recurrente de este inductor ha generado preocupaciones sobre posibles efectos negativos en la fisiología del árbol, la calidad del suelo y el entorno ecológico. Por tal motivo, existe una búsqueda constante de alternativas más sostenibles y menos agresivas.

Las citocininas son fitohormonas que están involucradas en diversos procesos fisiológicos, incluyendo la división celular, el desarrollo de yemas y la inducción floral (Aremu *et al*., 2015). Estudios recientes han reportado efectos positivos de las citocininas en la floración y producción de cultivos frutales como el limón y el mango, especialmente bajo las condiciones edafoclimáticas del estado de Guerrero (Ariza *et al*., 2020 y 2024).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de las citocininas en la inducción floral y el rendimiento de frutos del mango 'Ataulfo', bajo las condiciones edafoclimáticas de la región Costa del estado de Oaxaca.

Materiales y métodos

Lugar. El estudio se realizó en una huerta de mango variedad 'Ataulfo', de ocho años de edad, ubicada en la localidad de Río Grande, municipio de Villa de Tututepec, Oaxaca. Los árboles estaban plantados a 10 metros entre hileras y 5 metros entre árboles, que corresponde a una densidad de 200 árboles por hectárea. Para el experimento se seleccionaron 40 árboles.

Tratamientos y su aplicación. Se evaluó como inductor de floración testigo el paclobutrazol (PBZ, Austar®) en dosis de 2500 mg L^{-1}, 30 días después de la poda y citocininas (Citomax®) en una dosis de 3 ml L^{-1}, en tres ocasiones: 15 y 30 de octubre, y 15 de noviembre. La aplicación de PBZ se realizó al suelo y al tallo del árbol a una altura de 30 cm a partir del suelo. Mientras el tratamiento a base de citocininas, se preparó con agua corriente y se adiciono adherente en dosis de 1 ml/L. Esta solución se aplicó al follaje a punto de goteo con una bomba aspersora de motor.

Manejo agronómico. En julio de 2024, se realizó una poda de despunte en los árboles de mango de aproximadamente 50 cm. La fertilización al suelo consistió de 40 kg de nitrógeno, 2 kg de fosforo y 96 kg de potasio, dividida en dos aplicaciones, el 50 % aplicado a finales de julio y el resto en el mes de septiembre. El manejo de antracnosis se realizó con aplicaciones de Difenoconazol (300 ml ha^{-1}), Azoxistrobin (300 ml ha^{-1}) y Mancozeb (1 kg ha^{-1}). El manejo de mosca de la fruta se llevó a cabo mediante trampas con ceratrap y la aplicación de proteína hidrolizada con malatión al 1 %, con intervalos de 8 días. Además, se aplicó Boro y Zinc (Poliquel Boro y Zinc®), a dosis de 1 L ha^{-1}, así como una aplicación de Biozyme en dosis de 0.5 L ha^{-1}. Todas las aplicaciones se realizaron con una bomba de motor, con un

volumen de 500 L/ha^{-1}. En septiembre, se aplicó Ethrel en razón de 500 ml ha^{-1}. La cosecha se efectuó cuando los frutos alcanzaron su madurez fisiológica.

Variables evaluadas. Se evaluó días a plena floración (>80 %), porcentaje de floración, peso de fruta, producción de fruta por árbol y estimación de rendimiento de fruta por hectárea.

Diseño experimental y análisis estadístico. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones, cinco arboles por repetición. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey. Los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedio correspondientes al efecto de los tratamientos en la inducción de floración y rendimiento de fruta del mango cv. Ataulfo, en la localidad de Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca. La plena floración se alcanzó en primer lugar en los árboles tratados con PBZ, seguidos por aquellos que recibieron aplicaciones citocininas, sin embargo, no hubo diferencia significativa ($p>0.05$). En tanto, los porcentajes de floración observados en los tratamientos con PBZ y citocininas fueron estadísticamente similares, con valores que oscilaron entre 84 % y 88 % (Cuadro 1). Asimismo, se registró un peso de fruta similar en ambos tratamientos del estudio ($p>0.05$). En relación con la producción de fruta, los árboles tratados con citocininas presentaron un rendimiento promedio de 95.75 kg por árbol, superando a los árboles tratados con PBZ, que registraron una producción promedio de 86.90 kg por árbol. La estimación de rendimiento de fruta en los árboles de mango tratados con citocininas fue mayor al obtenido en el tratamiento a base de PBZ, con una diferencia positiva de 1.77 t ha^{-1}.

Cuadro 1. Días a plena floración, intensidad de la floración y rendimiento de fruta en árboles de mango cv. Ataulfo tratados con paclobutrazol y citocininas.

Tratamiento	Plena floración (ddp*)	Porcentaje de floración	Peso de fruta (g)	Producción de fruta (kg árbol^{-1})	Estimación de rendimiento por hectárea (t)
PBZ	144 a^{r}	84.3 a	359.95 a	86.90 b	17.38 b
Citocininas	151 a	88.6 a	373.75 a	95.75 a	19.15 a

*ddp=Días después de la poda. ^{r}Promedios con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes. Tukey $p \leq 0.05$.

Conclusiones

La aplicación de citocininas en árboles de mango cv. Ataulfo mostró un efecto positivo en la inducción floral y contribuyó al incremento del rendimiento de frutos bajo las condiciones edafoclimáticas de la región Costa de Oaxaca. Estos resultados sugieren que las citocininas representan una alternativa viable y potencialmente más sostenible al uso de paclobutrazol (PBZ) como inductor de floración, ofreciendo ventajas tanto en términos productivos como ambientales.

Referencias bibliográficas

Aremu, A.O., Fawole, O.A., Makunga, N.P., Masondo, N.A., Moyo, M., Buthelezi, N.M.D., Amoo, S.O., Spíchal, L. y Doležal, K. (2020). Aplicaciones de las citoquininas en cultivos frutales hortícolas: Tendencias y perspectivas futuras. *Biomolecules*, *10* (9), 1222.

Ariza-Flores, R., Cano-García, M. A., Cadena-Iñiguez, P., Valle de la Paz, M., & Gálvez-Marroquín, L. A. (2024). Assessment and selection of flowering inducers to increase productivity of mango cv. Ataulfo (*Mangifera indica* L.). *Agro Productividad*, 17(1), 63-68.

Ariza-Flores, R., Michel-Aceves, A. C., Gálvez-Marroquín, L. A., Trujillo-García, D., Avendaño-Arrazate, C. H. Espinosa-Paz, N. (2020). Effects of flowering and production inducers in the Mexican lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Agro Productividad*, 13(12), 19-24.

Servicio Información Agropecuaria y Pesquera, SIAP (2023). Anuario Estadístico de la Producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/.

Pérez-Barraza, M. H., Osuna-García, J. A., Sánchez-Lucio, R. & Vázquez-Valdivia, V. (2011). El paclobutrazol como promotor de la floración en mango 'manila', aún sin condiciones ambientales inductivas. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(spe1), 47-52.

APROVECHAMIENTO DEL ACEITE DE MORINGA EN LA SÍNTESIS DE ÉSTERES METÍLICOS MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN HOMOGÉNEA

Biaani Beeu Martínez-Valencia[1]*, Diana Yoheli Velázquez-Pérez[2], José Luis Solis-Bonilla[1]

[1]INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán. C.P. 30870, Tuxtla Chico, Chiapas. [2]Tecnológico Nacional de México, Campus Tapachula, Tapachula, Chiapas, México. C. P. 30700.
*Autor para correspondencia: martinez.biaani@inifap.gob.mx

Palabra clave: Biocombustibles, oleaginosas, optimización.

Introducción

A nivel mundial existe un creciente interés hacia la búsqueda de nuevos combustibles capaces de satisfacer la demanda energética actual y minimizar el impacto ambiental. En este contexto, los biocombustibles son una alternativa para sustituir los hidrocarburos convencionales, debido a que su empleo reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, que provocan el cambio climático. La falta de materia prima para la industria apremia la búsqueda de nuevas fuentes para la producción de biocombustibles, tal es el caso del biodiesel o esteres metílicos. México, cuenta a lo largo de su territorio con una gran biodiversidad vegetal lo cual facilita la obtención de especies de plantas con un alto potencial energético como opciones que no estén destinadas a la alimentación. Por esta razón el uso de cultivos energéticos de segunda generación como piñón mexicano, higuerilla, coyol, entre otros es viable puesto que no compiten con las especies de consumo alimenticio (Solís *et al*., 2019). La Moringa (*Moringa oleífera Lam*.) es una de las catorce especies de la familia Moringáceas, y es considerada una especie oleaginosa. La producción de esteres metílicos a partir de este cultivo puede ser una buena alternativa bioenergética como biocombustible de segunda generación (Martínez *et al*., 2013). El objetivo de este trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente el aceite y biodiesel de moringa, así como también, optimizar un proceso de transesterificación para aumentar o maximizar la obtención de esteres metílicos a escala laboratorio.

Materiales y métodos

Los experimentos se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Bioenergía del INIFAP ubicado en el Campo Experimental Rosario Izapa en el municipio de Tuxtla Chico, Chiapas. Por diferencia gravimétrica se determinó la humedad presente en las semillas, utilizando una balanza de humedad de la marca Precisa. Se determinó la cantidad de aceite presente en las semillas por el método Soxhlet utilizando como solvente n-hexano, empleando un aparato de extracción continua. Se pesaron 3 g de muestra seca en cartuchos, y después se colocaron en el sistema de extracción, por un tiempo aproximado de 4 horas a una temperatura de 70 ± 2 ºC. Posteriormente se recuperó el aceite y se colocó en una estufa para eliminar el exceso del solvente. Por diferencia gravimétrica se obtuvo el contenido de aceite. Las determinaciones fueron realizadas por triplicado. Se determinó el índice de yodo, índice de saponificación, índice de acidez, índice de peróxido, densidad y viscosidad, de acuerdo con los métodos descritos por la NMX-F-408-S-1981, A.O.C.S Cd 3-25, por Amórtegui (2015), A.O.C.S Cd 8-53, ASTM 6751 y ASTM D7042, respectivamente. Para la optimización de un proceso de transesterificación para la obtención de esteres metílicos, se utilizó un diseño experimental factorial fraccionado llamado Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR). Para este estudio se llevó a cabo un conjunto de 17 tratamientos que incluyen 3 repeticiones en el punto central y 4 puntos axiales (por triplicado), a una temperatura constante de 60 ºC, utilizando 20 g de aceite por cada tratamiento. La relación molar etanol: aceite (6:1, 9:1, 12:1), concentración de hidróxido de potasio (1%, 1.5 % y 2 %) y el tiempo de reacción (40 min, 60 min y 80 min) se eligieron variables independientes, y la producción de ésteres metílicos, viscosidad, densidad y acidez fueron las variables de respuesta. La elección de dichas variables y su rango se seleccionaron en función de estudios preliminares y de referencias bibliográficas. Se utilizó cada respuesta del proceso de transesterificación para desarrollar un modelo matemático que correlaciona en este caso la viscosidad del biodiesel de moringa con las variables del proceso de transesterificación estudiadas a través de los términos de primer orden, segundo orden e interacción, de acuerdo con la siguiente ecuación polinómica de segundo orden: $Y = \beta 0 + \Sigma \beta i x i + \Sigma \beta i i x i + \Sigma \beta i j x i x j$. Donde Y es la viscosidad predicha del biodiesel de moringa (mm^2/s), xi y xj representan las variables o parámetros, β0 es el término de desplazamiento, βi es el efecto lineal, βij es la interacción del efecto de primer orden y βii es el efecto cuadrático. La caracterización del biodiesel por cada tratamiento

se realizó con las mismas metodologías utilizadas en la caracterización del aceite (Índice de acidez, densidad y viscosidad). Cada determinación se realizó por triplicado. Para el caso del contenido de metil-esteres se utilizó la ecuación reportada por Brito *et al*., (2007). Para el cálculo del rendimiento del proceso transesterificación se utilizó la ecuación reportada por Charoenchaitrakool *et al.,* (2011). Ajuste de modelos y análisis estadístico. Se utilizó el programa estadístico computacional STATISTICA 8 versión 2.1 para el análisis de regresión de los experimentos, ajuste de datos de la ecuación polinomial de segundo orden y para la evaluación de la significancia estadística de la ecuación desarrollada.

Resultados y discusión

La determinación de los parámetros de calidad del aceite determinara el uso o no de algún tipo de tratamiento previo del aceite vegetal, con el fin de evitar problemas durante el proceso de transesterificación y obtener un producto de calidad que cumpla con las normas internacionales. El contenido de humedad de la almendra fue de 5.461 % y el contenido de aceite fue de 46.927 %. Se obtuvo un índice de yodo de 111.26 g de I_2/100g lo que indica que este aceite contiene alto contenido de ácidos grasos insaturados. El índice de saponificación obtenido fue de 175.4 mgKOH/g. El índice de peróxido fue de 0.15 meq de O_2/kg, mostrando un bajo grado de oxidación del aceite, por lo que se puede asegurar que el proceso de oxidación que sufre este aceite durante su almacenamiento en refrigeración durante una semana es bajo. La densidad del aceite evaluado tuvo un valor promedio de 0.8939 g/cm^3 a 40 ºC. La norma europea marca que los aceites destinados para biodiesel no deben de tener densidades menores a 0.860 g/cm^3. En cuanto a la viscosidad el valor fue de 41.471 mm^2/s, en general la viscosidad de los aceites disminuye con el aumento de instauración y con la disminución del peso molecular de sus ácidos grasos. El índice de acidez fue de 1.4 % de ácido oleico de esta manera se puede aseverar que existe un bajo contenido de ácidos libres. Un valor elevado mayor a 5 % para este índice, genera un alto grado de hidrolisis afectando el rendimiento de obtención de biodiesel.

La ecuación obtenida de regresión de segundo orden para la variable viscosidad (Y) en función del tiempo (X1), la relación molar metanol: aceite (X_2) y la concentración del catalizador (X_3), es la siguiente:

$$Viscosidad(Y) = 1.984 + 0.408X_1 - 0.568X_2 - 2.3980X_3 + 0.00003X_{12} + 0.00089X_{22} - 2.08796\ X_{32} - 0.0078\ X_1X_2 - 0.1278\ X_1X_3 + 0.5940\ X_2X_3$$

El modelo se ajustó satisfactoriamente a los datos experimentales indicados por su ajuste adecuado expresados por los valores de R^2 y P-value (datos no mostrados). El valor de R^2 en el modelo de Y fue de 0.91. Esto indicó que la ecuación puede explicar hasta el 91% las variaciones con respecto a la viscosidad. Un análisis estadístico adicional, mostró que solo la relación molar metanol:aceite (X_2) tuvo un efecto significativo en las respuestas con valor de p de 0.0382 ($P<0.05$). Los términos de interacción de X_1X_2, X_1X_3 y X_2X_3 se encontraron significativos en la viscosidad con valores de p de 0.0160, 0.0191 y 0.0005 ($P<0.05$) respectivamente. Por lo tanto, el modelo matemático se simplificó, utilizando el término de tiempo (X_1) un valor óptimo de 40 min.

La relación que se obtuvo entre la concentración del catalizador y contenido de alcohol sobre la viscosidad se muestra en la Figura 1. Con los rangos establecidos en este experimento se obtuvieron los niveles óptimos de las variables del proceso, obteniendo una relación molar de metanol:aceite de 6:1 y concentración de hidróxido de potasio de 0.7 % respectivamente con un tiempo de 40 min, resultando una viscosidad del biodiesel de 4.42 mm^2/s rango permitido por la norma EN 14214 (3.5-5.0 mm^2/s) y ASTM D6751 (1.9-6.0 mm^2/s). Como se puede observar en la Figura 1, a una concentración mayor a 20 mL de alcohol la viscosidad del biodiesel comienza a disminuir, esto se debe a que durante el proceso de transesterificación la conversión de aceite a biodiesel no fue eficiente debido al exceso de metanol presente en la reacción.

Conclusiones

La calidad de biodiesel depende de las propiedades fisicoquímicas del aceite y de los procesos de transformación. El diseño experimental DCCR utilizado en este trabajo permitió establecer las condiciones óptimas de las variables de proceso mediante la generación de una ecuación de segundo orden para la obtención de biodiesel de calidad a partir de aceite de Moringa oleífera a escala laboratorio. El protocolo para las condiciones de transesterificación homogénea fueron utilizar una temperatura de 60 °C, con un tiempo de reacción de 40 min con agitación constante, una relación molar de 6:1 (17 mL de metanol) y una concentración de catalizador de 0.7 %, obteniendo un contenido de metil esteres de 0.655 Mol/L, un

porcentaje de rendimiento del proceso del 55 %, viscosidad de 4.42 mm^2/s, densidad de 0.857 g/m3 y un índice de acidez de 0.558 gKOH/g. El aceite de moringa es un aceite viable para la obtención de biodiesel debido a sus características fisicoquímicas. Además de que las condiciones del proceso generadas en este trabajo permitieron obtener un índice de acidez, viscosidad y densidad de biodiesel dentro de los rangos permitidos por las normas internacionales.

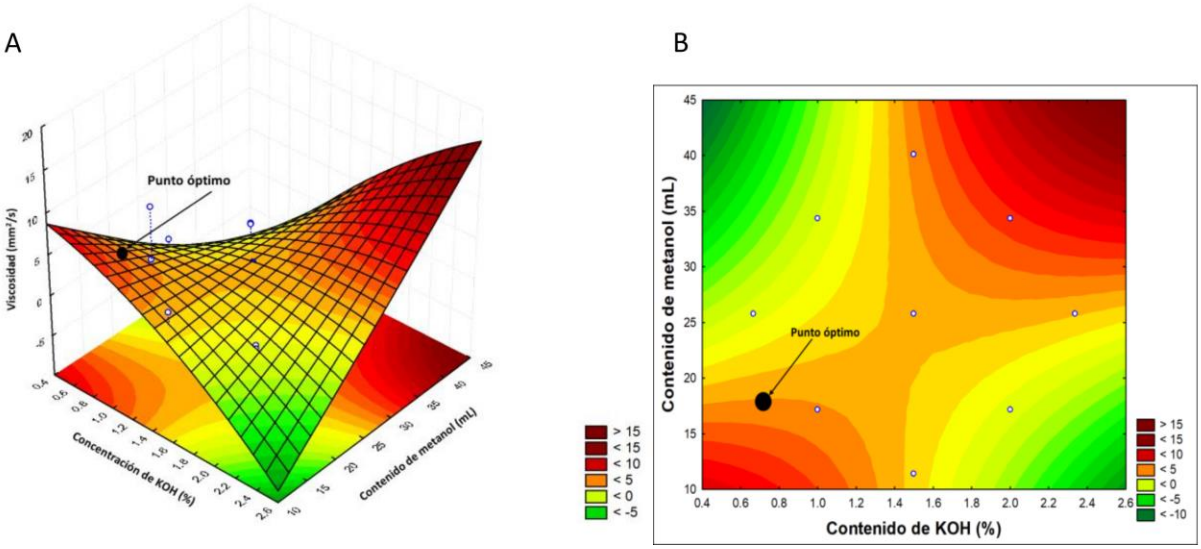


Figura 1. Gráficos de superficie de respuesta (A) y contornos bidimensionales (B) generados por los modelos matemáticos que muestra los efectos de la concentración de KOH y contenido de alcohol sobre la viscosidad a un tiempo de 40 min.

Referencias bibliográficas

Brito A., Borges M.E., Otero N. (2007). Zeolite Y as a Heterogeneous Catalyst in Biodiesel Fuel Production from Used Vegetable Oil. Energy & Fuels 21 (6), 3280-3283. https:// doi.org/10.1021/ef700455r

Charoenchaitrakool, M.; Thienmethangkoon, J. 2011. Statistical optimization for biodiesel production from frying oil through two steps catalyzed, Fuel Processing Technology, v. 92, p. 112-118.

Martinez, V.B.B.; Zamarripa, C.A.; Solís, B.J.L. 2013. Calidad agroindustrial del aceite de semillas de Moringa oleífera. Desplegable informativo no. 16. MX-0-310311-52-07-34-13-16. INIFAP.

Solís, B.J.L.; Martinez V.B.B.; Lopez G.G.; Zamarripa, C.A. 2019. Chapter 2. Genetic Resources and Advances in the Development of New Varieties of Jatropha curcas L. in México. In: Sujatha, M., Carels, N., Bahadur, B. (Eds.). Jatropha, Challenges for a New Energy Crop, Volume 3: A Sustainable Multipurpose Crop. Springer. 525 p

DESARROLLO DE *Chrysanthemum morifolium* Ramat Var. Chena CON APLICACIONES FOLIARES DE TIDIAZURÓN

Eloy Canales-Sosa[1]*, Juan Antonio Chamú-Baranda[1], Martín Solís-Martínez[1], Mauricio Álvarez-Reyes[1], Juan Estrada-Urbina[2], José Luis Escobar-Álvarez[3], Oscar Santos Pérez Heredia[2]

[1]Centro de Estudios Profesionales, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Cocula, Guerrero, C.P. 40850, México. [2]Campus Montecillo, Colegio de Posgraduados, Texcoco, Estado de México, C.P. 56264, México. [3]Campo Experimental Bajío, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Celaya, Guanajuato, C.P. 38010, México.
*Autor para correspondencia: eloy.canales@csaegro.edu.mx

Palabras clave: *Chrysanthemum morifolium* Ramat Var. Chena**,** tidiazurón**,** desarrollo.

Introducción

El crisantemo (Chrysanthemum morifolium Ramat. var. *Chena)* es una de las especies ornamentales más comercializadas, tanto como flor de corte como en maceta, a nivel nacional e internacional (Ramírez-Gerardo *et al.*, 2019). Dada su relevancia económica, es fundamental implementar estrategias que optimicen su productividad. Los reguladores del crecimiento vegetal representan una alternativa viable, debido a su participación en múltiples procesos fisiológicos, como la regulación de la floración, maduración y senescencia. En plantas ornamentales, los reguladores más comúnmente utilizados son los retardadores químicos, empleados principalmente para controlar el tamaño de las plantas, mejorar su compacidad y favorecer la floración. Adicionalmente, bajo condiciones ambientales desfavorables, estos compuestos pueden mejorar características funcionales como la tolerancia al estrés hídrico o a bajas temperaturas. Las citocininas, en particular, son fitohormonas esenciales en la regulación de los procesos vinculados al crecimiento y desarrollo vegetal (Alcántara-Cortés *et al.*, 2019).

El tidiazurón (TDZ), un derivado de urea bis-sustituida con actividad citocinínica, ha demostrado ser un regulador eficaz, con capacidad para modular diversos procesos fisiológicos y morfogenéticos (Wang *et al.*, 2025), así como potenciar respuestas fisiológicas y bioquímicas en distintas especies vegetales (Guo *et al.*, 2011). Con base en lo anterior, se planteó la hipótesis de que la aplicación foliar de TDZ mejorará el desarrollo de plantas de *C. morifolium* Ramat. var. *Chena*. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del DTZ sobre variables asociadas al desarrollo de esta especie ornamental.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Coatepec Harinas, Estado de México, ubicado a una altitud de 2000 m. El sitio presenta una temperatura media anual es de 18 °C, con máximas de 39 °C y mínimas de 2 °C, así como una precipitación media anual de 1 243 mm (INEGI, 2016). Se utilizaron esquejes de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. var. *Chena*, los cuales fueron trasplantados en un macrotúnel durante abril de 2020 en camas con seis hileras, espaciadas a 12 cm entre hileras y 15 cm entre plantas (36 plantas por m²). La nutrición del cultivo se realizó con fertilizantes hidrosolubles aplicados semanalmente a través de un sistema de riego por goteo. Los fertilizantes empleados fueron nitrato de calcio, nitrato de potasio, nitrato de magnesio, sulfato de amonio y fosfato diamónico.

Los tratamientos consistieron en un testigo absoluto (sin aplicación) y tres dosis de tidiazurón: 15, 20 y 25 mg L^{-1}, aplicados vía foliar con atomizadores manuales de 500 mL a los 30 y 45 días después del trasplante (DDT). El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Se realizaron mediciones quincenales de la altura de planta y el diámetro del tallo. Además, se registraron los días a floración. En la etapa de cosecha, se evaluó el diámetro del capítulo floral y la vida en florero. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) utilizando el software SAS®; cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

La altura de la planta y el diámetro del tallo no fueron afectados significativamente por la aplicación foliar de TDZ. Al finalizar el experimento, la altura de las plantas osciló entre 124.5 y 139.5 cm, mientras que el diámetro del tallo varió de 7.3 a 8.0 mm (Figuras 1A y 1B). Aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, se observó una tendencia en la que el incremento en la dosis de TDZ se

asoció al aumento en el diámetro del tallo y a la reducción en la altura de las plantas. En contraste con lo anterior, la aplicación de TDZ retardó significativamente la floración de *Chrysanthemum morifolium* var. *Chena*. Las plantas tratadas con 15, 20 y 25 mg L^{-1} de TDZ retardaron la floración por 11, 15 y 16 días, respectivamente, en comparación con el testigo (Figura 1C).

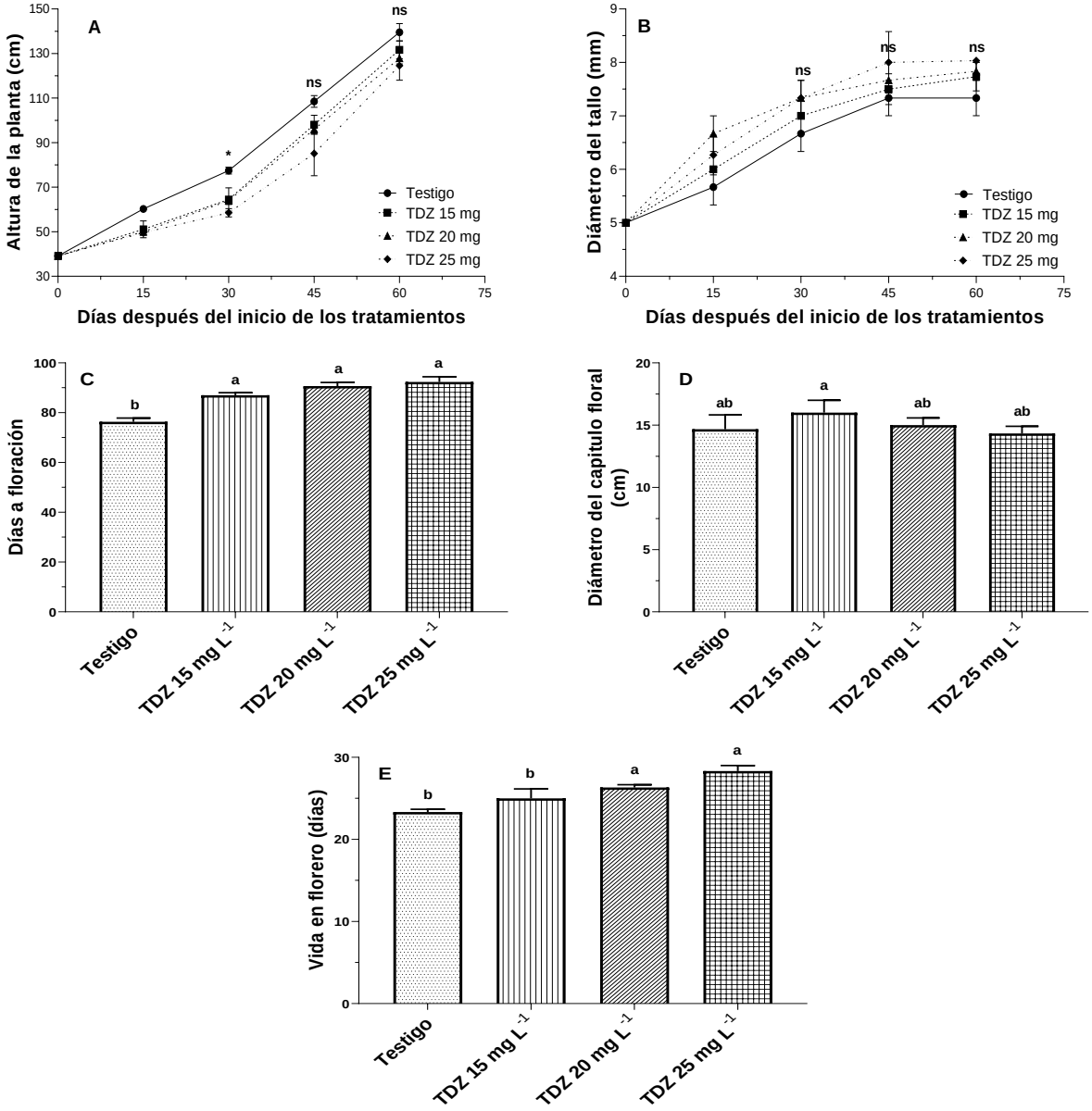


Figura 1. Altura de la planta (A), diámetro del tallo (B), días a floración (C), diámetro del capítulo floral (D) y vida en florero (E) en *Chrysanthemum morifolium* Ramat Var. Chena por efecto de tidiazurón (TDZ). Cada punto y cada barra de las gráficas representan la media de cuatro repeticiones. ± e.e. * ($p \leq 0.05$) y NS (no significativo). Las barras con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha \leq 0.05$).

El diámetro del capítulo floral mostró una tendencia al incremento con la aplicación de dosis bajas de TDZ; sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre el testigo y la dosis de 15 mg L^{-1}. El diámetro final del capítulo floral osciló entre 14 y 16 cm (Figura 1D). Por otro lado, la vida en florero se incrementó significativamente con las aplicaciones de 20 y 25 mg L^{-1} de TDZ, superando al testigo en 3 y 5 días, respectivamente (Figura 1E). Estos resultados indican que a mayor concentración de TDZ, se prolonga significativamente la duración postcosecha de las flores.

Diversos estudios han reportado una gama amplia de respuestas fisiológicas en diferentes especies vegetales después de la aplicación de TDZ. Este regulador de crecimiento puede inducir o potenciar múltiples eventos biológicos, cuyo efecto varía según la dosis aplicada, la etapa fenológica de la planta y la especie en cuestión (Guo *et al.*, 2011). Los resultados obtenidos en *Chrysanthemum morifolium* Ramat. var. *Chena* coinciden con estos hallazgos, ya que, las dosis empleadas de TDZ promovieron un retraso significativo en la floración y una extensión de la vida en florero. Este comportamiento puede atribuirse a la inhibición de hormonas asociadas con la maduración y la senescencia, efecto reportado previamente en otras especies (Guo *et al.*, 2011). En cuanto a la altura de planta, si bien no se observaron diferencias significativas, la tendencia a la reducción del crecimiento en altura con el incremento de la dosis de TDZ es consistente con lo reportado en otros cultivos. Por ejemplo, en fresa se ha documentado que el TDZ puede inducir la formación de brotes de menor tamaño (Wang *et al.*, 2025), lo que sugiere un posible efecto común de este regulador sobre la arquitectura vegetal.

Conclusiones

La aplicación foliar de tidiazurón en *C. mrifolium* Ramat. var. *Chena* promovió un retraso significativo en la floración y prolongó la vida en florero, sin afectar de forma significativa el crecimiento vegetativo y reproductivo, lo que indica su potencial como regulador para mejorar la calidad poscosecha en la producción ornamental de esta especie.

Agradecimientos

Al Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por las facilidades brindadas para la realización del estudio.

Referencias bibliográficas

Alcántara-Cortes, J. S., Godoy, J. A., Cortés, J. D. A., & Mora, R. M. S. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *DOAJ (DOAJ: Directory Of Open Access Journals*. https://doi.org/10.25058/24629448.3639

Guo, B., Abbasi, B. H., Zeb, A., Xu, LL. & Wei, Y. H. (2011). Tidiazurón: un regulador multidimensional del crecimiento vegetal. *Revista Africana de Biotecnología*, *10* (45), 8984-9000.

INEGI (2016). Conjunto de datos vectoriales. Escala 1:1 000 000.

Ramírez-Gerardo, Marithza Guadalupe, Vergara-Martínez, César, Vergara-Martínez, Luis Miguel, & Mejía-Carranza, Jaime. (2019). Arreglo espacial de cultivares de crisantemo (*Dendrathema grandiflora*) para disminuir daño por Botrytis. *Revista mexicana de fitopatología*, *37*(2), 220-236. Epub 30 de septiembre de 2020. https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1812-4

Wang, F., Li, Y., Pang, Y., Hu, J., Kang, X., & Qian, C. (2025). Thidiazuron Enhances Strawberry Shoot Multiplication by Regulating Hormone Signal Transduction Pathways. *International Journal Of Molecular Sciences*, *26*(9), 4060. https://doi.org/10.3390/ijms26094060

BOSQUES ALEATORIOS Y OPTIMIZACIÓN BAYESIANA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VALORES ÓPTIMOS EN VARIABLES DE MANEJO AGRONÓMICO

Marco Aurelio Aragón-Magadán*[1], Carlos Hugo Avendaño-Arrazate[1], Francisco Fabian Calvillo-Aguilar[1], Carlos Iván Cruz-Cárdenas[1], Luis Felipe Guzmán[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro Nacional de Recursos Genéticos. Rancho las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, CP 46700.
*Autor para correspondencia: aragon.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Manejo, machine learning, forestería.

Introducción

Predecir de manera óptima variables de manejo agronómico, como la densidad de siembra, la dosis de fertilizantes, el riego, etc., debería ser una práctica fundamental para maximizar la productividad en los diferentes sistemas de cultivo. Sin embargo, los análisis de gabinete rara vez contemplan el uso de modelos predictivos mas allá de los cálculos tradicionales de análisis de varianza, estadística no paramétrica o multivariable. Aunado a este problema metodológico, existen otros inconvenientes, muchos experimentos en campo pueden estar limitados por factores logísticos, económicos o de tiempo, lo que reduce el número de tratamientos y repeticiones posibles, así como la toma de datos insuficientes por falta de tiempo o personal.

Ante estas limitaciones y problemas, los algoritmos de aprendizaje automático (machine learning), y las técnicas de optimización basadas en modelos sustitutos ofrecen una solución prometedora. Estas herramientas son muy utilizadas en otros ramos de la ciencia como la física, la medicina o la genética, para resolver problemas complejos, pero su uso es casi nulo en la agronomía, en donde tienen un potencial enorme (Yang *et al*., 2024).

Uno de estos es Random Forest (Bosque Aleatorio) (Breiman, 2001), basado en un algoritmo que construye múltiples árboles de decisión utilizando subconjuntos aleatorios de datos y variables. Su capacidad para modelar relaciones no lineales, su robustez frente al sobreajuste y su buen desempeño con pequeños volúmenes de datos lo convierten en una herramienta ideal para problemas agronómicos con datos limitados o donde los valores no se pueden ajustar a una fórmula matemática preestablecida.

Por otro lado, la Optimización Bayesiana es una estrategia de optimización secuencial que busca encontrar el valor óptimo de una función objetivo difícil de evaluar. En lugar de realizar una búsqueda exhaustiva o aleatoria, construye un modelo probabilístico de la función y lo actualiza a medida que se obtienen nuevos datos. Esta metodología complementada con bosques aleatorios es especialmente útil cuando la evaluación directa de las variables objetivo es limitada, como el caso de experimentos agrícolas, donde en muchas ocasiones no es posible tener muchas repeticiones o los datos son escasos.

Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una estrategia metodológica en R, basada en la combinación de modelos Bosques Aleatorios y optimización bayesiana para estimar los valores óptimos de una variable de manejo agronómico a partir de conjuntos de datos obtenidos en experimentos de campo.

Materiales y métodos

Se utilizó un conjunto de datos de cacao de un experimento de campo factorial, en el cual se evaluaron diferentes niveles de una variable agronómica. Se eliminaron las observaciones incompletas y se los valores atípicos en R versión 4.5.0.

Preprocesamiento y selección de variables: Se aseguro que las variables analizadas fueran numéricas sin valores faltantes, se descartaron variables constantes o con comportamiento categórico discreto.

Modelo de predicción con Random Forest: Para cada combinación de unidad experimental y variable respuesta, se ajustó un modelo de bosques aleatorios utilizando la variable respuesta como predictor. Los modelos fueron entrenados con 100 árboles de decisión, evitando el sobreajuste al utilizar muestreos aleatorios con reemplazo. Las predicciones del modelo se utilizaron en la optimización bayesiana.

Optimización bayesiana: Sobre cada modelo ajustado, se definió una función de optimización que evaluaba el valor predicho de la variable respuesta. Esta función se ejecutó con el paquete ParBayesianOptimization en R (Wilson, 2022) para encontrar el valor de manejo que maximizaba la respuesta estimada. La optimización se realizó con 10 puntos de inicio aleatorios y 25 iteraciones adicionales.

Visualización y validación: Los resultados de cada modelo fueron visualizados gráficamente con ggplot2 y se utilizaron para validar gráficamente la coherencia entre la predicción del modelo y la tendencia empírica de los datos.

Resultados y discusión

Se probaron dos funciones en R que permiten implementar de manera flexible el modelo para una amplia gama de variables agronómicas. En primer lugar, se ajustó un modelo de Random Forest con la siguiente estructura:

```
modeloRF <- randomForest(Variable_dependiente ~ Variable_independiente,
                         data = datos,
                         ntree = 100)
```

Este modelo fue empleado como función sustituta dentro del proceso de optimización bayesiana, a través de la siguiente función:

```
opt_function <- function(experimento) {
    pred <- predict(modeloRF, newdata = data.frame(Variable_independiente = variable_independiente))
    list(Score = pred)
  }
```

Ambas funciones son esenciales para ejecutar el proceso completo de búsqueda del valor óptimo de la variable independiente mediante el siguiente bloque:

```
opt_result <- bayesOpt(
    FUN = opt_function,
    bounds = list(rango de evaluacion),
    initPoints = 10,
    iters.n = 25
    )
```

Donde:

FUN: representa la función de predicción utilizada en la optimización bayesiana.

Bounds: define el rango numérico de la variable independiente a evaluar (por ejemplo, dosis de fertilizante, densidad de siembra, número de tallos).

Como ejemplo de aplicación, al utilizar este modelo con datos experimentales reales de cacao en donde la variable dependiente fue el largo del fruto (L.F.) y la variable independiente fue la densidad de siembra, se obtuvo un valor óptimo de 2500 plantas/ha (Figura 1). Este resultado se alinea con la tendencia empírica observada en los datos, confirmando la utilidad del modelo para estimar valores óptimos a partir de conjuntos experimentales limitados.

El uso de este tipo de modelos permite realizar predicciones precisas con un bajo requerimiento de recursos computacionales y utilizando conjuntos de datos limitados cuando las condiciones experimentales o repeticiones no permiten tener la cantidad de información suficiente. Su capacidad para modelar variables clave en contextos agrícolas los hace especialmente útiles en condiciones donde la replicación es costosa o difícil. Además, su aplicabilidad puede extenderse a experimentos en laboratorio o en otros sistemas biológicos, como los ámbitos pecuario o microbiano. Esta estrategia proporciona un marco sólido para la toma de decisiones basada en evidencia, sustentada en principios de inferencia estadística robusta, como los que ofrece la inferencia bayesiana.

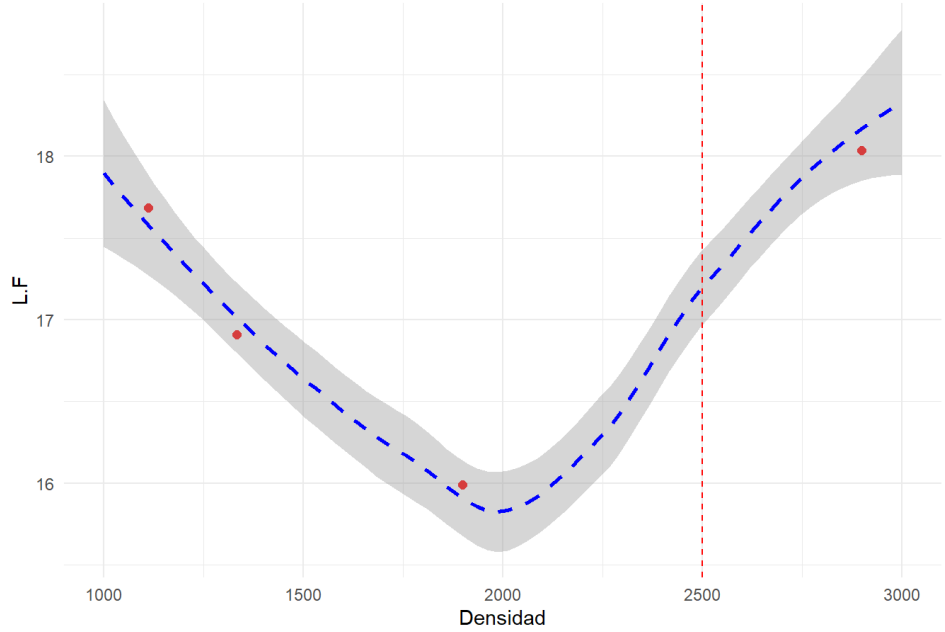


Figura 1. Resultados de la inferencia bayesiana. La línea punteada azul representa valores de L.F. predichos por la inferencia bayesiana en relación a la densidad de siembra. Los puntos rojos son los valores reales de L.F. según la densidad de siembra de los datos de cacao. La línea puntada roja es el valor óptimo calculado por el modelo.

Conclusiones

La combinación de modelos Random Forest con técnicas de optimización bayesiana constituye una alternativa metodológica eficaz para estimar valores óptimos de variables de manejo agronómico en contextos donde los recursos experimentales son limitados. Esta estrategia permite aprovechar la capacidad predictiva de modelos no paramétricos robustos y la eficiencia de algoritmos de búsqueda secuencial para generar resultados confiables, aportando evidencia estadística sólida para la toma de decisiones en sistemas biológicos complejos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP, por el equipo de cómputo y las facilidades ofrecidas para realizar este trabajo.

Referencias bibliográficas

Breiman, L. (2001). Random Forests. Machine Learning, 45(1), 5-32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Wilson, S. (2022). ParBayesianOptimization: Parallel Bayesian Optimization of Hyperparameters (Versión 1.2.6) [Software]. https://cran.r-project.org/web/packages/ParBayesianOptimization/index.html

Yang, K., Liu, L., & Wen, Y. (2024). The impact of Bayesian optimization on feature selection. Scientific Reports, 14(1), 3948. https://doi.org/10.1038/s41598-024-54515-w

.

APLICACIÓN DE MICORRIZAS Y SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR

Marianguadalupe Hernández-Arenas[1*], Roberto de la Cruz Díaz-Juárez[1], Martha Blanca Guadalupe Irizar-Garza[2], Petra Andrade-Hoyos[1]

[1]INIFAP, CE Zacatepec; [2]INIFAP, CE Valle de México.
*Autor para correspondencia: hernandez.marian@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Rhizophagus irregularis*, lixiviados, lombricomposta, plantas de caña.

Introducción

En el cultivo de caña de azúcar, anualmente se pierde hasta un 20% de la población de plantas por daños a las cepas, causados por la maquinaria pesada o la presencia de plagas y enfermedades. Por ello se requiere la producción de plantas para el trasplante, siendo más convenientes que la resiembra convencional con tallos.

El desarrollo inicial de la caña de azúcar se ha visto beneficiado al añadir lombricomposta como sustrato (Djajadi *et al.,* 2020). Por otro lado, la adición temprana de lixiviado de lombriz puede favorecer el crecimiento y amacollamiento de las plantas. El trasplante de plantas desarrolladas permite una rápida aclimatación y repoblamiento del cultivo, permitiendo que se conserve la densidad de población en caña de azúcar, por lo que se requiere mejorar el proceso para la producción masiva de plantas de buena calidad y en altas cantidades.

Objetivo

El objetivo del trabajo fue evaluar mezclas de sustratos e inoculación con micorrizas *Rhizophagus irregularis* en el desarrollo de plantas de caña de azúcar para el trasplante.

Materiales y métodos

El experimento se realizó de enero a julio de 2024, en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Zacatepec en el estado de Morelos. Se cortaron trozos de caña de 12 meses de edad, variedad CP 72-2086 de aproximadamente 10 cm de longitud, conteniendo una yema sana y bien desarrollada. Los tratamientos evaluados fueron mezclas de sustratos y enraizadores. En un diseño factorial donde el factor uno fue el sustrato (50% tierra franco arcillosa + 50% lombricomposta; 75% tierra franco arcillosa + 25% lombricomposta y 100% tierra) y como factor dos los enraizadores (micorriza *Rhizophagus irregularis* del producto comercial MicorrizaFer PLUS (5 g/L agua), lixiviado de lombriz (140 mL/L agua) y un testigo con agua. Los esquejes se dejaron en remojo en cada solución por separado durante 20 minutos, posteriormente se sembraron de forma individual en macetas plásticas de 9.8 L de capacidad. El experimento se desarrolló con un diseño factorial con nueve tratamientos y cuatro repeticiones con riego cada tercer día utilizando únicamente agua potable. Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), número de hojas, número de macollos, peso fresco raíz (g), peso fresco foliar (g), peso seco raíz (g) y peso seco foliar (g). Con los datos obtenidos, se calculó la velocidad de emergencia (VE) (Maguire, 1962) y el porcentaje de emergencia (% E) (Fakorede y Ayoola, 1980), para esto se emplearon las siguientes fórmulas:

$$VE = \frac{no.de\ plántulas\ normales}{días\ al\ primer\ conteo} + \cdots + \frac{no.de\ plántulas\ normales}{días\ al\ conteo\ final} \qquad \%E = \frac{no.de\ plántulas\ emergidas\ en\ el\ último\ día}{número\ de\ yemas\ sembradas}\ (100)$$

A los 50 días después de la siembra, las plantas fueron disectadas en parte aérea y raíces para pesarlas y posteriormente lavarlas y secarlas en estufa de secado a una temperatura de 30°C durante 5 días y posteriormente registrar el peso seco de follaje y raíz. Los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% utilizando el paquete estadístico SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

En promedio, las plantas de caña tuvieron un 86.35% de emergencia y 1.61 en índice de velocidad de emergencia. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos, donde sobresalió la mezcla de

sustrato compuesta por 75 % tierra + 25 % lombricomposta en relación al testigo con 100 % tierra. La inoculación con micorrizas y la mezcla de sustrato 50% Tierra + 50% lombricomposta mostró resultados por encima de la media. A mayor velocidad de emergencia, las plantas de caña iniciarán más rápidamente el amacollamiento y esto presenta una mejor respuesta a la competencia con malezas y permite una mejor absorción de nutrientes en el desarrollo temprano de la planta. Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre el efecto de los sustratos para las variables altura de planta (AP), peso fresco raíz (PFR) y peso seco raíz (PSR), con el mejor resultado observado con la mezcla de sustrato 50% tierra + 50% lombricomposta superando considerablemente al testigo (Cuadro 1). Resultados similares fueron reportados por Djajadi *et al.,* (2020), quienes encontraron un efecto significativo sobre el crecimiento de la caña de azúcar al añadir lombricomposta, lo que se reflejó en la longitud del tallo a los 2 meses después de siembra. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en las inoculaciones para el crecimiento y enraizamiento de plantas de caña (Cuadro 2).

Cuadro 1. Comparación de medias del análisis de varianza para el factor sustratos evaluados para la producción de plantas de caña de azúcar (2024).

SUSTRATO	30 dds		40dds		45dds			50dds			
	AP	MA	AP	MA	AP	MA	NH	PFR	PFA	PSR	PSA
50 T + 50 L	32.1a	1.2a	48.4a	1.9a	63.7a	2.9a	7.4a	143.0a	17.6a	59.6a	5.3a
75 T + 25 L	28.2ab	1.13a	42.7ab	1.7ab	51.7b	2.5b	6.6b	91.7a	14.0ab	59.5a	4.3ab
100 T	24.9b	1.0a	34.0b	1.2b	42.6b	1.9b	6.4b	87.1a	9.2b	56.2a	3.0b
CV	31.98	31.42	29.38	34.99	28.87	25.6	10.8	121.6	56.74	21.06	58.36
R^2	0.2	0.23	0.3	0.32	0.37	0.35	0.33	0.13	0.23	0.21	0.16
DMS	6.73	0.38	8.95	0.51	11.2	0.47	0.54	93.61	5.62	8.96	1.81

*Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey (α = 0,05). AP = altura de planta, MA = número de macollos, NH = número de hojas, PFA = peso fresco aéreo, PFR = peso fresco raíz, PSA = peso seco aéreo, PSR = peso seco raíz.

Cuadro 2. Comparación de medias del análisis de varianza para el factor inoculación con micorrizas y lixiviado de lombriz evaluados para la producción de plantas de caña de azúcar (2022).

ENRAIZADORES	30 dds		40dds		45dds			50dds		
	AP	MA	AP	MA	AP	MA	NH	PFA	PSR	PSA
Lixiviado	26.6a	1.09a	39.0a	1.7a	49.6a	2.4a	6.7a	12.8a	61.1a	4.0a
Micorrizas	26.7a	1.13a	39.7a	1.6a	49.7a	2.4a	6.7a	11.6a	56.7a	3.5a
Sin Inoculación	30.7a	1.18a	45.3a	1.6a	57.3a	2.5a	6.8a	16.0a	58.0a	5.0a
CV	33.09	32.11	32.31	38.68	32.9	30.58	12.69	61.08	21.01	60.76
R^2	0.14	0.2	0.15	0.17	0.18	0.07	0.08	0.11	0.21	0.09
DMS	6.99	0.36	9.84	0.56	12.8	0.57	0.64	6.05	8.96	1.89

*Letras distintas indican diferencias significativas según Tukey (α = 0,05). AP = altura de planta, MA = número de macollos, NH = número de hojas, PFA = peso fresco aéreo, PFR = peso fresco raíz, PSA = peso seco aéreo, PSR = peso seco raíz.

En la combinación de mezclas de sustratos e inoculaciones hubo diferencias en las variables altura de planta (AP), número de macollos (MA) y peso fresco de raíz (PFR) a partir de los 40 dds (Cuadro 3), sobresaliendo el tratamiento de inoculación con micorrizas y el sustrato 50 % tierra + 50 % lombricomposta al haber un aumento del 23.3% en el número de macollos respecto al testigo sin inocular y el sustrato compuesto únicamente por tierra. Resultados similares fueron reportados por Djajadi *et al.,* (2020) quienes encontraron un efecto significativo sobre la caña de azúcar al añadir lombricomposta como sustrato. De acuerdo a Herrera *et al.,* (2023) el periodo crítico de desarrollo de la caña de azúcar abarca desde su emergencia hasta alcanzar los 5 o 6 meses de edad, durante este tiempo, el cultivo se ve amenazado por una fuerte competencia por recursos esenciales como agua y nutrientes, los tratamientos sobresalientes permiten obtener plantas de mejor amacollamiento y crecimiento.

De acuerdo con Sulistiono y Taryono (2020) las micorrizas juegan un papel importante en las plantas y el crecimiento temprano de la caña de azúcar. Las infecciones micorrícicas modifican la morfología de las raíces de las plantas y la absorción de nutrientes. Esto se debe a que sus estructuras aseguran la expansión física de las raíces y la absorción de nutrientes del suelo al aumentar el flujo de nutrientes a las plantas. En caña de azúcar, Wilches *et al.,* (2022) encontraron que la inoculación con *Rhizophagus irregularis*, permite

la sustitución hasta del 50% del fertilizante químico de síntesis, reconociendo el beneficio del uso de los HFMA, que permiten obtener una mayor cantidad de tallos de caña por área.

Cuadro 3. Resultados obtenidos en los tratamientos combinados entre mezclas de sustratos e inoculaciones con micorrizas y lixiviado de lombriz como enraizadores en caña de azúcar 2024).

Tratamiento	30 dds		40 dds		45 dds			50 dds			
	AP (cm)	MA	AP (cm)	MA	AP (cm)	MA	NH	PFA (g)	PFR (g)	PSA (g)	PSR (g)
Lix 50T + 50L	35.1 a	1.0 a	51.6 a	2.0 a	65.3ab	2.8 a	7.4 a	18.9 a	295.0 a	5.7 a	62.4 a
Lix 75T + 25L	26.7 a	1.2 a	38.9ab	1.8 a	46.7ab	2.4ab	6.2 a	11.9 a	102.1ab	3.5 a	68.3 a
Lix 100T	21.8 a	1.0 a	30.3 a	1.3 a	39.9b	2.2ab	6.6 a	9.3 a	85.0 b	3.2 a	53.0 a
Mic 50T + 50L	28.2 a	1.2 a	46.2ab	1.7 a	59.2ab	3.0a	7.4 a	15.0 a	90.3 a	4.5 a	56.6 a
Mic 75T + 25L	25.9 a	1.2 a	39.9ab	1.8 a	48.2ab	2.7a	6.8 a	12.2 a	88.5 ab	3.5 a	55.9 a
Mic 100T	26.2 a	1.0 a	33.7ab	1.2 a	41.9ab	1.4b	6.3 a	7.8 a	89.7 ab	2.5 a	57.6 a
50T + 50L	35.3 a	1.2 a	48.8ab	2.0 a	68.5a	2.8a	7.5 a	20.1 a	94.7 ab	6.0 a	61.2 a
75T + 25L	31.6 a	1.2 a	48.6ab	1.6 a	58.9ab	2.4ab	6.7 a	17.3 a	86.4 ab	5.8 a	55.8 a
100T	26.3 a	1.0a	30.1ab	1.2 a	45.8ab	2.3ab	6.6 a	10.9 a	86.2 ab	3.3 a	57.8 a
CV	31.73	32.36	29.72	37.51	29.99	24.27	10.95	55.48	116.24	54.43	21.98
R^2	0.18	0.12	0.26	0.18	0.29	0.39	0.29	0.24	0.18	0.24	0.11
DMS	15.79	0.93	21.20	1.3	27.29	1.06	1.31	12.87	209.41	3.96	21.89

*Letras distintas indican diferencias significativas según test Tukey (α = 0,05). AP = altura de planta, MA = número de macollos, NH = número de hojas, PFA = peso fresco aéreo, PFR = peso fresco raíz, PSA = peso seco aéreo, PSR = peso seco raíz.

Conclusiones

Una mezcla de lombricomposta y tierra como sustrato es una alternativa viable para el enraizamiento y desarrollo de plántulas de caña de azúcar de alta calidad, siendo la composición de sustrato más idónea en un 50% tierra + 50% lombricomposta, con la inoculación con micorrizas para obtener plantas de caña de azúcar aptas para el trasplante.

Agradecimientos

El presente trabajo fue posible gracias al proyecto “Estrategia de acompañamiento técnico” del PpB 2024.

Referencias bibliográficas

Djajadi, D; Syaputra, R; Nur, H. S. Khairiyah, Y. (2020). Efecto del vermicompost y el nitrógeno sobre el crecimiento de la caña de azúcar. AGRIVITA RCA. 42 (1): 110-119. www.agrivita.ub.ac.id

Sulistono, W; Taryono, W. (2020). El papel de las micorrizas en las plántulas y el crecimiento temprano. IntechOpen. pp. 1-16. DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.94768

Wilches, O. W. A., Ramírez, G. M., Reyes, M. L. M., Pérez, M. U. A., Serralde, O. D. P., y Peñaranda, R. A. M. (2022). Hongos formadores de micorrizas arbusculares en caña de azúcar. Revista Centro Azúcar, 49(3), 78–89. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/716

INDUCCIÓN FLORAL EN LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia*) VARIEDAD ´LISE´

Miguel Ángel Manzanilla-Ramírez*[1], José Concepción Garcia-Preciado[1], Juan Eduardo Murillo Hernández[1] Sergio Santiago Herrera-Gómez[1], M. Manuel Robles González[1], Verónica Marlene Ramírez-Ramírez[2]

1 C.E. Tecomán Colima CIRPAC-INIFAP; 2 Universidad de Colima FCBA Tecomán, Colima.
*Autor para correspondencia: manzanilla.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Urea, Crecimiento vegetativo, Huanglongbing.

Introducción

El limón mexicano (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) es un árbol de tamaño medio, su desarrollo es arbustivo y es conocido por siempre estar verde y actualmente a presentado cambios en su fenología debido a la infección con HLB (Manzanilla-Ramirez *et al*., 2015). La producción de este cítrico se concentra principalmente en los meses de abril a septiembre y si se le da un buen manejo agronómico puede llegar a producir todo el año. En las especies de cítricos actualmente uno de los principales retos es la inducción floral debido a los cambios climáticos y a enfermedades presentes como el Huanglongbing (HLB). Ariza *et al*. (2015) evaluaron la inducción a floración en el cultivo de limón mexicano, con la aplicación de fitohormonas y bioestimulantes con la finalidad de mejorar la producción en arboles sin presencia de esta bacteria. Logrado la inducción flora y el aumento en rendimientos. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue le evaluación de diferentes dosis de urea foliar en árboles en producción de limón mexicano de la variedad “Lise” bajo un escenario de HLB.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en condiciones de campo con árboles de limón mexicano de la variedad “Lise”, los cuales se injertaron en el portainjerto macrofila (*Citrus macrophylla* Wester). En el predio denominado “La tomatera” que se encuentra a 32 msnm en un clima considerado como cálido semiseco, las coordenadas de localización del predio son 18.9868914° N y 103.844908° W. Durante el periodo de diciembre a febrero de 2023-2024. El tipo de suelo es migajón arcilloso que presenta alto contenido de carbonato de calcio ($CaCO_3$) y el pH es de 7.8. La plantación se hizo en agosto de 2019 y se utilizó un sistema rectangular con una distancia de 4.0 m entre árboles y de 7.0 m entre hileras. Las labores de manejo en el cultivo se realizaron conforme lo indica el paquete tecnológico recomendado para limón Mexicano por el Campo Experimental Tecomán (Orozco-Santos *et al*., 2015). Se eligieron árboles adultos que presentaban síntomas de HLB en los que se aplicaron los tratamientos, el diseño experimental que se utilizó fue bloques al azar. Cada tratamiento fue de tres bloques que contenían tres árboles por bloque. Se utilizaron 10 L de agua para cada tratamiento de urea foliar (Urea desbiuretizada) de 3%, 4%, 5% y 6% y el testigo de agua complementado con 10 mL de un adherente (Cuadro 1).

Cuadro.1 Tratamientos y dosis utilizadas en 10 L de agua.

No.	Tratamiento	Dosis (g)
1	Urea 3%	300
2	Urea 4%	400
3	Urea 5%	500
4	Urea 6%	600
5	Testigo (Agua + Adherente)	

Método de evaluación de la inducción floral. Se utilizó un aro metálico de 0.75 m^2; dividido en cuatro secciones o también llamados cuadrantes, con la ayuda del mismo aro se hicieron las lecturas de los cuatro puntos cardinales como es norte-sur, este-oeste.
Observaciones. Se determinó la brotación vegetativa, la brotación floral, para la toma de datos y así determinar la inducción floral de los tratamientos evaluados de urea foliar por metro cuadrado, se tomaron datos cada 15 días durante los meses de diciembre a febrero en las tres repeticiones de cada tratamiento. Estos datos fueron registrados en una base de Excel.

Análisis de datos. Se realizó un análisis de varianza (variables cuantitativas) por lo anterior en cada observación se cuantifico el número de brotes vegetativos y brotes florales. Los análisis de varianza y comparación de medidas se realizaron en ANOVA con el programa InfoStats (InfoStat (2008). InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCBA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

Resultados y discusión

Brotes vegetativos. Los tratamientos de 3% y 5% de Urea presentaron la mayor brotación vegetativa en contraste los tratamientos de 4 %, 6% y testigo tuvieron un menor número de este tipo de brotes de este tipo (Figura 1). El limón mexicano presenta un comportamiento agronómico especial con varios flujos de brotación vegetativa. Este comportamiento está relacionado principalmente con los cambios estacionales del clima (Orozco *et al*., 2014) y se ve influenciado también con por la variedad y los tratamientos de nitrógeno foliar.

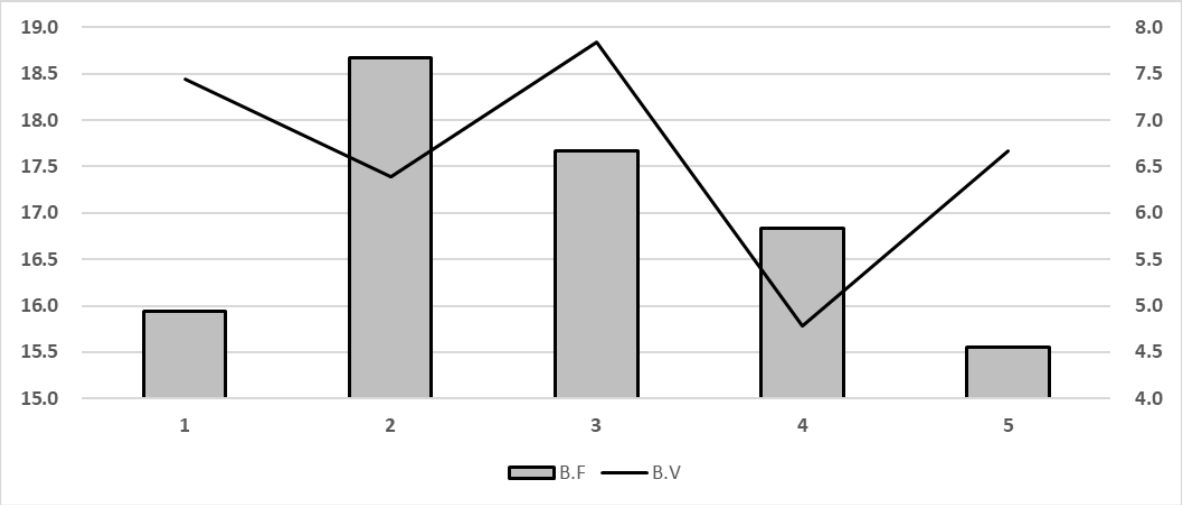


Figura 1. Numero de brotes vegetativo (B.V) y brotes florales por m^2 de árboles de limón Mexicano variedad “Lise” con diferentes tratamientos de inducción floral con urea Foliar.

Brotes florales. En limón mexicano variedad “Colimex”, el periodo de floración más abundante se registraba en arboles sin HLB en varios flujos de noviembre a abril dependiendo del manejo de la huerta. La primera floración importante se iniciaba en noviembre, 30 o 40 días después de finalizadas las lluvias y en respuesta a los primeros riegos (Orozco *et al*., 2014). Para arboles de la variedad “Lise” con HLB el principal flujo de brotación floral se da en los meses de abril y mayo, complementado con varios flujos de menor intensidad en los meses de octubre noviembre y diciembre. Debido a los tratamientos aplicados en el presente trabajo se logró una inducción floral mayor al testigo en los meses de diciembre a febrero con los tratamientos de Urea foliar al 4% y 5%, con 7.6 y 6.6 brotes florarles por m^2, en comparación con el testigo que obtuvo 4.5 brotes por m^2 (Figura 1). Lo que permite un adelanto en la producción que puede beneficiar con un mayor precio. En trabajos previos en limón Mexicano sin HLB (Ariza *et al*. 2015), los efectos de inducción a floración de la aplicación de urea surgieron después de 30 días, a comparación con tratamientos con biofol, ácido glutámico y el testigo que presentaron floración a los 45 días, mientras que con ácido giberélico fue ligeramente moderada la inducción. En limón Persa, Ambriz y colaboradores (2018), evaluaron la inducción floral, con el uso de prácticas culturales como lo es la poda, el anillado y la aplicación de bioestimulantes (Urea y Biofol), donde el tratamiento de poda, anillado y urea en el mes de septiembre fue el que superó el resto de los tratamientos ya que obtuvo mayor floración. Berdeja *et al*. (2022) buscaron la inducción floral del cultivo de limón Persa fuera de época y la mayor inducción floral por rama fue la aplicación de urea al 10% superando el etefón. Como se describe en estos trabajos previos, nuestros resultados concuerdan con reportes en limón Mexicano y limón Persa, en completo se logró determinar las dosis más adecuadas para la variedad “Lise” con síntomas de HLB.

Conclusiones

La aplicación de urea foliar al 4% (bioestimulante) en el cultivo de Limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) variedad “Lise” tienen efecto positivo en la inducción flora y disminución en la emisión de brotes vegetativos en arboles con HLB.

Referencias bibliográficas

Ambriz-Cervantes, R.; Ariza-Flores, R.; Alia-Tejacal, I.; Michel-Aceves, A. C.; Barrios-Ayala, A. & Otero-Sánchez, M. A. (2018). Efecto del anillado y bioestimulantes en la floración, producción y calidad de lima Persa (Citrus latifolia Tan.) en invierno. México. Editorial Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas vol.9 núm.4. Pp. 711-722.

Ariza-Flores, A.; Barrios-Ayala, A.; Herrera-García, M.; Barbosa-Moreno, F.; Michel-Aceves, A.; Otero-Sánchez, M. A. & Alia-Tejacal, I. (2015). Phytohormones and biostimulants to flowering, production and quiality of Mexican lime in winter. México. Editorial Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.6 Núm.7. p.1653-1666.

Berdeja-Arbeu, R.; Moreno-López, C.; Méndez-Gómez, J.; Pérez-Marroquín, G. y Hernández-Domínguez, C. (2022). Las aplicaciones de etefón aumentan rendimiento de fruto Lima ´persa´ de exportación. México. vol.10.issue.1. p1 28-139. 12p.

Manzanilla, R. M. A., Robles, R. M. M., Velázquez, M. J. J., Orozco, S. M. y Padrón E. (2015). ‘LISE’ Limón mexicano sin espinas de alto rendimiento. Folleto para productores. SAGARPA INIFAP-CIRPAC

Orozco-Santos, M., Robles-González, M. M., Velázquez-Monreal, J. J., Manzanilla Ramírez, M. A., Bermúdez-Guzmán, M. J., Carrillo-Medrano, S. H., Medina-Urrutia, V. M., Hernández-Fuentes, L. M., Gómez-Jaimes, R., Manzo-Sánchez, G., Farías Larios, J., Nieto-Ángel, D., Mijangos-Hernández, E., Sánchez-de la Torre, J. A. y Varela-Fuentes, S. (2014). El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México 444 p.

POTENCIAL AGRONÓMICO DE LÍNEAS AVANZADAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) TIPO MORELOS

Roberto de la Cruz Díaz-Juárez[1]*, Edwin Javier Barrios-Gómez[1], Marianguadalupe Hernández-Arenas[1], Jaime Canul-Ku[1], Alejandro Pérez-Rosales[1], Viridiana Trejo-Pastor[2]

[1]Campo Experimental Zacatepec INIFAP; [2]Ingeniería Agrícola, FESC-UNAM.
*Autor para correspondencia: diaz.roberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: longitud de panícula, precocidad, rendimiento de grano.

Introducción

La superficie y producción de arroz ha ido a la baja de manera drástica por diversos factores. Uno de los factores son los relacionados con el manejo agronómico y la perdida de resistencia a las principales plagas y enfermedades en las variedades liberadas. Razón por la cual es primordial el desarrollo de nuevas variedades con mejores características.

Una de las actividades en el desarrollo de nuevas variedades, es la evaluación y caracterización fenotípica, y realizar las pruebas de rendimiento, en donde la mejor de las líneas puras puede ser liberada como nueva variedad. En el caso del arroz tipo Morelos, las nuevas variedades deben tener mejores características morfológicas, agronómicas, de calidad y de alto rendimiento. Las principales características son resistencia a plagas y enfermedades, mayor vigor en plántulas, de paja corta, de ciclo corto y con el 20% del endospermo con panza blanca, principal característica del arroz tipo Morelos (Barrios, 2016a).

Razón por la cual el objetivo del trabajo fue evaluar el potencial agronómico de líneas avanzadas de arroz tipo Morelos.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental Zacatepec. Se evaluaron 61 genotipos: 57 líneas de arroz tipo Morelos y cuatro variedades comerciales como testigos. La siembra del almácigo se realizó el 8 de marzo de 2025 y el trasplante el 3 de mayo de 2025.

El manejo agronómico se hizo de acuerdo con el paquete tecnológico recomendado para la zona (Barrios, 2016b). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones, la unidad experimental fue de tres surcos de 5 m de largo y 25 cm entre hileras.

Se midieron variables, de acuerdo con las directrices para el cultivo de arroz (UPOV, 2020), tales como la altura de planta (AP en cm), número de panículas (NP), longitud de panícula (LP en cm), longitud de excersión (LEx en cm), días al 50% de floración en días y rendimiento de grano palay en (kg). La información de las variables medidas se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0.05) entre los genotipos con el paquete estadístico SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas entre los genotipos en todas las variables evaluadas (Cuadro1), lo que indica la presencia de variabilidad genética en los caracteres evaluados entre las líneas.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de cuatro variables en genotipos de arroz.

FV	GL	AP	NP	LP	LEx
Bloque	2	1092.5 **	456.1 **	11.8 NS	1.5 NS
Genotipo	60	3089.6 **	165.1 **	59.5 **	59.5 **
Error	486	88.6	20.5	7.2	8.3
Total	548				
CV (%)		8.1	25.8	9.0	85.2

FV: factor de variación, GL: grados libertad, AP: altura de planta, NP: número de panículas, LP: longitud de panícula, Ex: longitud de excersión, CV: coeficiente de variación. **: significativo al 0.01, *: significativo al 0.05, NS: no significativo.

Respecto a la altura de planta, de las variedades comerciales, Morelos A-2010, es la de menor altura de planta, pero en esta evaluación nueve líneas fueron más bajas, característica de importancia para evitar el acame de las plantas.

En cuanto al número de panículas, 12 líneas fueron superiores a las variedades comerciales. En cuanto a la longitud de panícula, la línea 81 fue superior a todas las líneas y a las variedades comerciales con 40.7 cm. De igual manera, 24 líneas más fueron superiores a los testigos. Características que podrían representar un mayor rendimiento de grano, por lo que es importante dar seguimiento a estas líneas.
La longitud de excersión al menos debe ser mayor a 3 cm, nueve líneas fueron estadísticamente iguales a dos variedades comerciales, Morelos A-2016 y Morelos A-98, las cuales presentaron mayor longitud de excersión, las cuales superan la longitud mínima.
En cuanto a los días a floración, las variedades testigo más precoces fueron Morelos A-98 y Morelos A-2016, con 95 días, inclusive 3 días más tarde que la media general (92 días). Cuatro líneas destacaron como las más precoces con 77 días, una línea con 78 días y tres líneas con 81 días (Figura 1). Lo que demuestra la precocidad de las nuevas líneas, de hasta 18 días menos que los testigos.

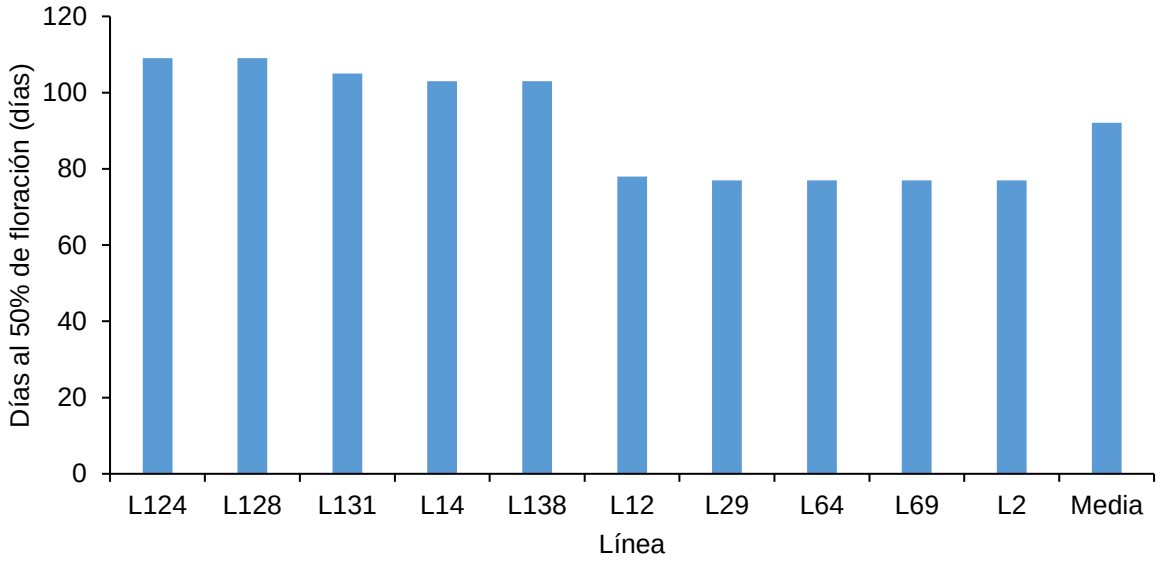


Figura 1. Días a floración en líneas de arroz.

En cuanto al rendimiento de grano palay, 11 líneas fueron estadísticamente igual a todas las variedades testigo utilizadas (Figura 2). Lo que demuestra el potencial del rendimiento de las nuevas líneas.
La expresión fenotípica representada en las líneas muestra que, debido a la variación genética existente entre las líneas de arroz evaluadas, hay líneas que cumplen con las características óptimas para las nuevas variedades de arroz tipo Morelos (Barrios, 2016a). Por lo que es importante dar seguimiento a dichas líneas en ensayos de rendimiento en diferentes ambientes y realizar la caracterización completa de acuerdo con las directrices de la UPOV (2020).

Conclusiones

De acuerdo con la evaluación agronómica realizada en las líneas de arroz, se concluye que existen líneas con caracteres agronómicos sobresalientes. Se recomienda dar seguimiento a las líneas en ensayos de rendimiento, para tener mayor certeza del potencial de las líneas.

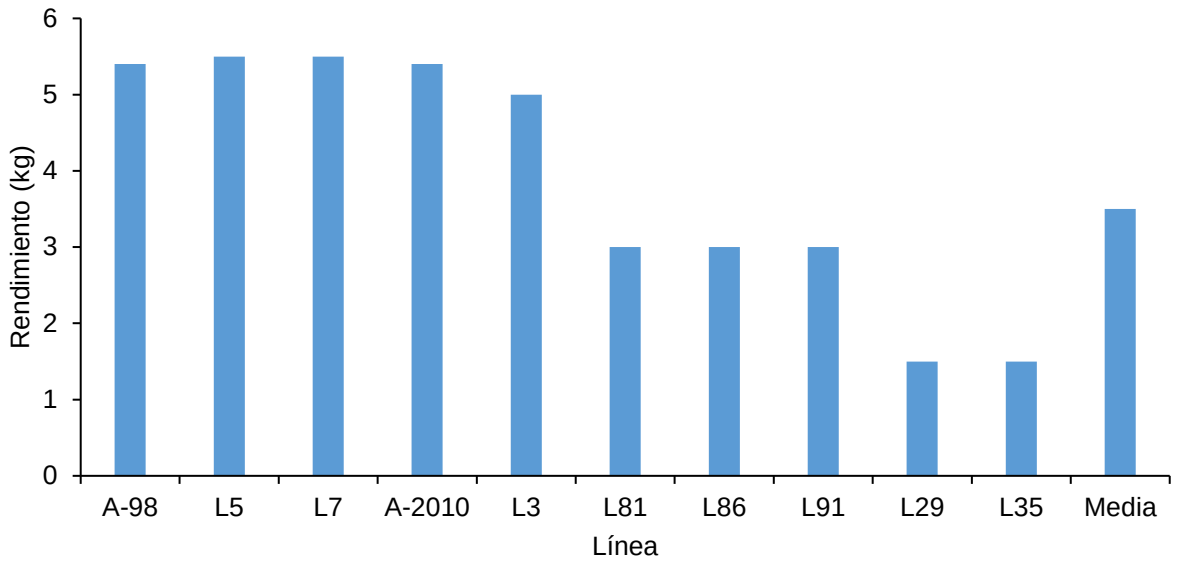


Figura 2. Rendimiento de grano palay en línea de arroz

Referencias bibliográficas

Barrios G. E. J. 2016a. IV-1 mejora genética del nuevo arroz de grano grueso calidad Morelos. En: Hernández A. L. y L. Tavitas F. (eds) El Arroz en México. Libro Técnico No. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. México, D.F. pp.: 69-86.

Barrios G. E. J. 2016b. Tecnología y sistemas de producción. Tecnologías y sistemas de producción en las regiones y entidades arroceras. II. Pacífico Sur: Morelos. En: Hernández A. L. y L. Tavitas F. (eds) El Arroz en México. Libro Técnico No. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. México, D.F. pp.:214-221.

UPOV. 2020. Arroz. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones vegetales. Ginebra, Suiza. 33 p.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Roberto de la Cruz Díaz-Juárez[1]*, Edwin Javier Barrios-Gómez[1], Marianguadalupe Hernández-Arenas[1], Alejandro Pérez-Rosales[1], Jaime Canul-Ku[1], Viridiana Trejo-Pastor[2]

[1]Campo Experimental Zacatepec INIFAP; [2]Ingeniería Agrícola, FESC-UNAM.
*Autor para correspondencia: diaz.roberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: altura de planta, precocidad, rendimiento de grano.

Introducción

El desarrollo de nuevo materiales de arroz con mejores características agronómicas, morfológicas y de calidad es una actividad importante en el INIFAP. Para esto, la caracterización es una actividad importante que permite definir y calificar a un grupo de plantas (línea, variedad, etc.). La caracterización incluye aspectos morfológicos, fisiológicos, agronómicos y de sanidad, los cuales podrán ser utilizados según su importancia agrícola e industrial.
Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial agronómico de líneas de arroz tipo Morelos.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental Zacatepec. Se evaluaron 165 genotipos: 164 líneas de arroz tipo Milagro Filipino y un testigo, la variedad Morelos A-2010 (Salcedo y Barrios, 2012). La siembra del almácigo se realizó el 15 de julio de 2025 y el trasplante se hizo los días 15 y 16 de agosto de 2025. El manejo agronómico se hizo de acuerdo con el paquete tecnológico recomendado para la zona (Barrios, 2016). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones, la unidad experimental fue de tres surcos de 5 m de largo y 25 cm entre hileras. Se midieron variables, de acuerdo con las directrices para el cultivo de arroz (UPOV, 2020), tales como la altura de planta (AP en cm), longitud de panícula (LP en cm), longitud del grano palay (LG en cm), ancho del grano palay (AG en cm) y peso de 1000 granos (P1000G en g), días a floración al 50% en días y rendimiento de grano palay en kg. La información de las variables medidas se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0.05) entre los genotipos con el paquete estadístico SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas entre los genotipos en todas las variables evaluadas (Cuadro1), lo que indica que la expresión fenotípica de los caracteres es debido al genotipo.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco variables en genotipos de arroz.

FV	GL	AP		LP		LA		AG		P1000G	
Bloque	2	1557.7	**	3.2	ns	0.0031	ns	0.000003	ns	2.4	*
Genotipo	164	2555.4	**	44.7	**	0.0183	**	0.002107	**	59.1	**
Error	1316	67.2		5.7		0.0008		0.000245		0.7	
CV (%)		6.1		8.3		2.8		5.1		2.5	

FV: factor de variación, GL: grados libertad, AP: altura de planta, LP: longitud de panícula, LA: largo del grano palay, AG: ancho del grano palay, P1000G: peso de mil granos palay, CV: coeficiente de variación. **: significativo al 0.01, *: significativo al 0.05, NS: no significativo.

Respecto al comportamiento de las líneas en la expresión de las variables evaluadas, para fines prácticos, se mencionan las líneas superiores y las de peor comportamiento. En la altura de planta, las líneas L49, L48 y L38 fueron las de mayor altura, comparado con L21, L,20, L19 y L101 que tuvieron altura baja.
En la longitud de la panícula dos líneas sobresalieron L49 y L46 con panículas grandes y las líneas L148, L12, L19 y L91 presentaron panículas pequeñas.
En la longitud del grano palay las líneas L5, L17, L134, L131, L163, L125, L121, L160 y L141 tuvieron grano grande, mientras que L14 y L43 son de grano pequeño. En el ancho del grano palay la línea L120 fue superior con 0.34 cm y las líneas L47 y L68 con 0.26 presentaron grano angosto.

En el peso de 1000 granos palay las líneas L141, L123, L109, L142 y L32 presentaron mayor peso y L59 fue la de menor peso.
Respecto a los días al 50% de floración, hubo líneas precoces, tales como L69, L128 con 71 días después del trasplante (ddt), L8, L13, L26, L35, L68, L145, a los 72 ddt y L11, L2, L25, L28, L31 y L130 con 74 ddt; mientras que las líneas tardías fueron L23, L19 y L21 con 114, 100 y 99 ddt, respectivamente. Las líneas precoces se adelantaron hasta con 19 días comparado con el testigo (Figura 1).

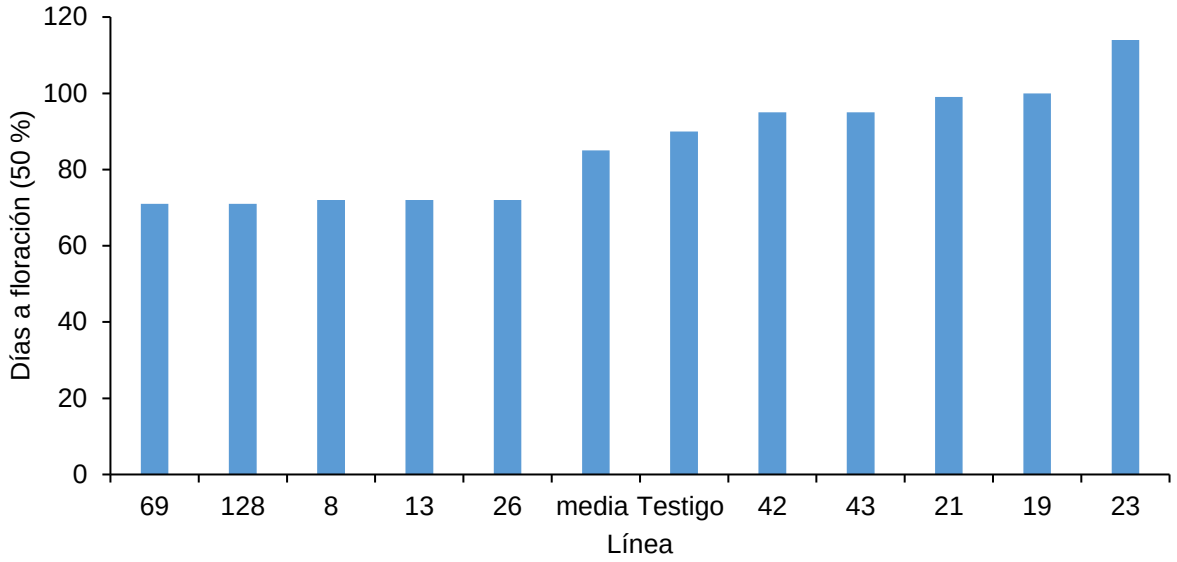


Figura 1. Días a floración en líneas de arroz.

En cuanto al rendimiento de grano palay hubo cuatro líneas, L27, L122, L14 y L4 que igualaron estadísticamente al testigo; mientras que las líneas L85, L87 y L161 fueron las de menor rendimiento (Figura 2).

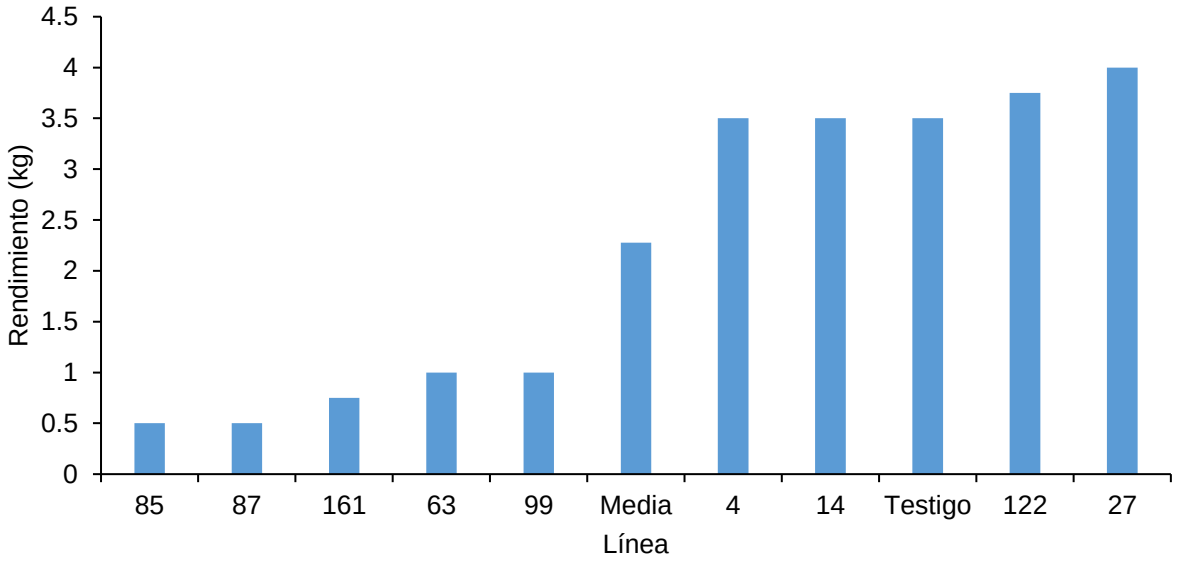


Figura 2. Rendimiento de grano palay en líneas de arroz.

La expresión fenotípica mostrada en las líneas muestra que existe gran variación genética existente en las líneas de arroz evaluadas, lo que da pauta para seguir evaluando, avance generacional, en otros ambientes

para seleccionar las mejores líneas y en un futuro liberar nuevas variedades con mejores características agronómicas, morfológicas, de calidad y culinarias.

Conclusiones

De acuerdo con la evaluación agronómica realizada en las líneas de arroz, se concluye que existen líneas con caracteres agronómicos sobresalientes que pueden utilizarse para realizar evaluaciones futuras y/o utilizarse como fuente de genes que pueden utilizarse para la generación de nuevas variedades.

Referencias bibliográficas

Barrios G. E. J. 2016. Tecnología y sistemas de producción. Tecnologías y sistemas de producción en las regiones y entidades arroceras. II. Pacífico Sur: Morelos. En: Hernández A. L. y L. Tavitas F. (eds) El Arroz en México. Libro Técnico No. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. México, D.F. pp.:214-221.

Salcedo A. J. y E. J. Barrios G. 2012. Morelos A-2010, nueva variedad de arroz para siembra directa para el centro de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 1453-1458.

UPOV. 2020. Arroz. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones vegetales. Ginebra, Suiza. 33 p.

CAOLÍN ESTIMULA EL CRECIMIENTO Y LA BIOMASA DE PLANTAS DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) CULTIVADAS EN SUSTRATO

Sara Monzerrat Ramírez-Olvera*, Víctor Manuel Ordaz-Chaparro, Santos Martínez-Santiago, Moisés Márquez-Velázquez

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.
Correo para correspondencia: ramirez.saracolpos.mx

Palabras clave: Arcillas, dosis respuesta, hortalizas de hoja.

Introducción

El caolín ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) es una arcilla laminar blanca, inerte y no abrasiva que se dispersa con facilidad en agua. Su bajo costo y abundancia han favorecido su uso agrícola, sobre todo en aplicación foliar, que al depositarse sobre las hojas forma una película que reduce la temperatura del tejido, mejora la eficiencia en el uso del agua, incrementa la fotosíntesis y el rendimiento de cultivos como maíz, trigo, algodón y tomate (Dinis *et al*., 2018). Además, diversos estudios indican que su aplicación mejora la tolerancia de las plantas a la salinidad, el estrés térmico e hídrico (Brito *et al*., 2019).

Sin embargo, los beneficios del caolín dependen de la dosis empleada, la especie vegetal y las condiciones ambientales. Aunado a que la mayoría de investigaciones están relacionadas con el efecto de caolín por aspersión foliar, y que su incorporación al sustrato es poco explorada, pese a que podría mejorar la retención de agua, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrimentos (Abdallah *et al*., 2019). Es de suma importancia evaluar esta alternativa en hortalizas de ciclo corto producidas en invernadero, donde la calidad física del sustrato y el manejo hídrico determinan parte del éxito productivo.

Dentro de este grupo de cultivos destaca la lechuga (*Lactuca sativa* L.), hortaliza de alta demanda por su bajo contenido calórico y su aporte nutricional de entre 94 y 96 % de agua, con 14-15 kcal por cada 100 g y contenido de vitaminas A, K y folato, además de minerales como potasio y calcio (Lipton y Ryder, 2021). Ante el potencial del caolín para mitigar el estrés abiótico y la escasez de estudios sobre su efecto a través del sustrato, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de dosis crecientes de caolín incorporadas al sustrato sobre el crecimiento de lechuga cv. ‘Maximus’ en condiciones de invernadero.

Materiales y métodos

Las semillas pelletizadas de lechuga (*Lactuca sativa* L. cv. ‘Maximus’, ITSCO) se colocaron en semilleros de espuma fenólica y se regaron con agua corriente, una vez germinadas, se sustituyó el riego por solución nutritiva universal de Steiner. A los 30 días, cuando las plántulas presentaban al menos tres hojas verdaderas y altura homogénea, se trasplantaron a bolsas de polietileno negro de 35 × 35 cm (12 L) que contenían los tratamientos a evaluar.

El sustrato base fue tezontle con tamaño de partícula mayor a 5 mm, al que se incorporó caolín natural procedente de la empresa “Minerales Lozano” en proporciones de 0, 2, 4 y 6 % (v/v). Cada mezcla se colocó en las bolsas antes mencionadas y se estableció una plántula por bolsa. Una bolsa con una planta constituyó la unidad experimental, y se dispusieron cuatro repeticiones por tratamiento bajo un diseño completamente al azar.

Treinta días después del trasplante se registró la altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y longitud de raíz con cinta métrica, así como biomasa fresca de la parte aérea y de la raíz con una báscula digital. Los datos obtenidos en cada variable se sometieron a análisis de varianza, y a la prueba de comparación de medias Tukey, con el software SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

La incorporación de caolín al sustrato en proporciones de 2, 4 y 6 % (v/v) no provocó efectos significativos en la altura de la planta (Figura 1A), ni en el número de hojas (Figura 1B) de plantas de lechuga. En contraste, la concentración de 2 % de caolín indujo cambios significativos en el diámetro del tallo, (Figura 1C), la biomasa fresca de la parte aérea (Figura 2A) y la longitud de raíz (Figura 2B). Mientras que el peso fresco de la raíz, no mostró variaciones significativas (Figura 2C).

El efecto positivo de caolín al 2% puede atribuirse a la capacidad del caolín para aumentar la retención de agua, lo que favorece la disponibilidad de nutrimentos y la expansión radicular. De ahí el incremento en la longitud de raíz y, en consecuencia, el mayor aporte de fotoasimilados a la parte aérea, reflejado en la

biomasa fresca y el engrosamiento del tallo. No obstante, cuando la concentración supera el 4%, el beneficio desaparece. Dosis elevadas pueden aumentar la densidad aparente y reducir la porosidad de aireación, limitando la difusión de oxígeno hacia la rizósfera y restringiendo la expansión de las raíces finas.

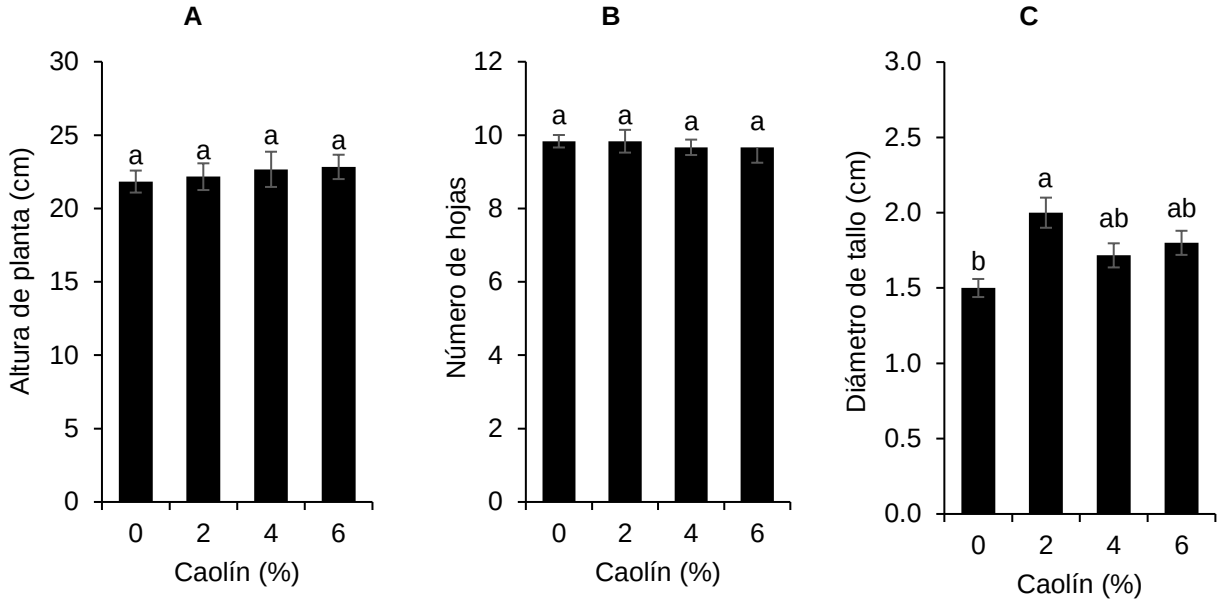


Figura 1. Altura de planta (A), número de hojas (B) y diametro de tallo (C) de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* cv. Maximus), sumistrada con caolin al 0, 2, 4 y 6 % (v/v) en mezcla con el sustrato, y cultivadas en invernadero. Medias ± EE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).

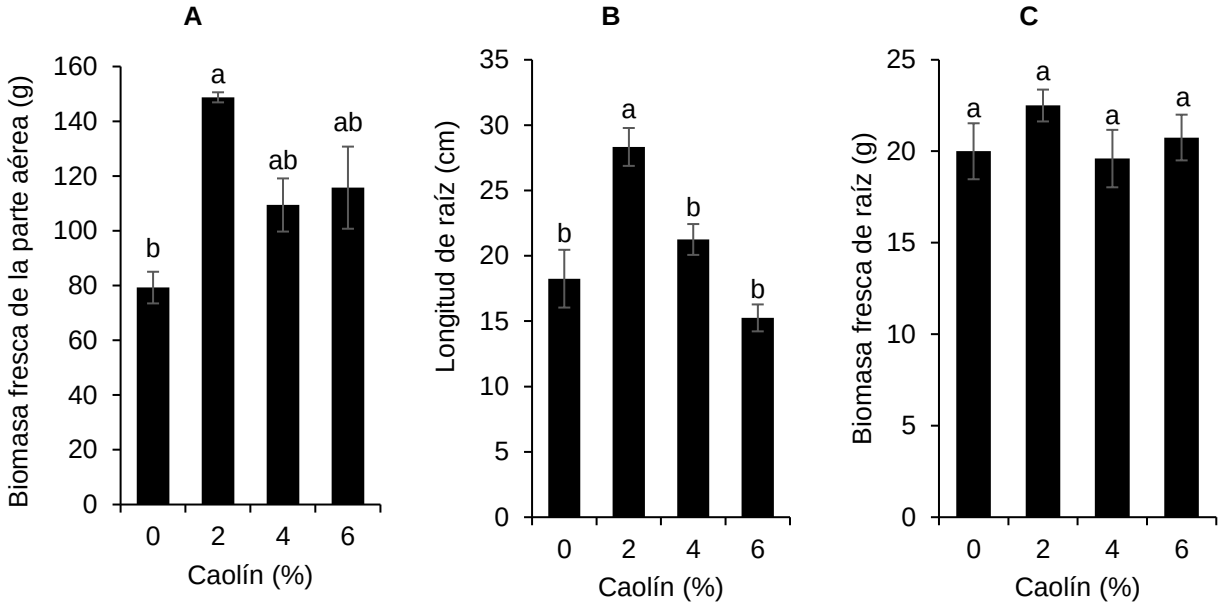


Figura 2. Biomasa fresca de la parte area (A), longitud de raíz (B) y biomasa fresca de raíz (C) de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* cv. Maximus), sumistrada con caolin al 0, 2, 4 y 6 % (v/v) en mezcla con el sustrato, y cultivadas en invernadero. Medias ± EE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$).

Por otro lado, dado que la altura y el número de hojas no variaron, aun cuando la biomasa y diámetro de tallo incrementaron, sugiere que el caolín modula principalmente el vigor y no necesariamente la tasa de emisión foliar. En conjunto, estos resultados indican que la concentración 2 % representa un punto óptimo para aprovechar las propiedades del caolín sin comprometer la aireación. Por lo que será necesario profundizar en el efecto del caolín sobre las propiedades del sustrato, la dinámica hídrica y nutrimental.

Conclusiones

La incorporación de caolín al sustrato mostró ser una herramienta prometedora para optimizar el crecimiento de lechuga cv. 'Maximus' en sistemas protegidos, sin embargo, su eficacia fue dependeinte de la dependiente. La adición de 2 % (v/v) mejoró significativamente el diámetro de tallo, la biomasa fresca de la parte aérea y la longitud radicular, sin alterar la altura ni el número de hojas. En contraste, dosis superiores (4–12 %) no generaron beneficios adicionales.

Los resultados indican que el uso de caolín al 2 % constituye un equilibrio eficaz entre mejorar las propiedades del sustrato y mantener condiciones radiculares óptimas para la lechuga. Este hallazgo amplía el panorama de aplicaciones del caolín más allá de su empleo foliar, ofreciendo una alternativa viable para reducir el estrés hídrico y potenciar el rendimiento en cultivos de hortalizas de ciclo corto.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, por las facilidades otorgadas, el apoyo técnico y los recursos institucionales que hicieron posible la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

Abdallah, M. M. S., El-Bassiouny, H. M. S., & AbouSeeda, M. A. (2019). Potential role of kaolin or potassium sulfate as anti-transpirant on improving physiological, biochemical aspects and yield of wheat plants under different watering regimes. *Bulletin of the National Research Centre*, *43*, 1-12.

Brito, C., Dinis, L. T., Moutinho-Pereira, J., & Correia, C. (2019). Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. *Scientia Horticulturae*, 250, 310-316.

Dinis, L. T., Bernardo, S., Luzio, A., Pinto, G., Meijón, M., Pintó-Marijuan, M., & Moutinho-Pereira, J. (2018). Kaolin modulates ABA and IAA dynamics and physiology of grapevine under Mediterranean summer stress. *Journal of Plant Physiology*, *220*, 181-192.

Lipton, W. J., & Ryder, E. J. (2021). Lettuce. In *Quality and preservation of vegetables* (pp. 217-244). CRC Press.

SEGMENTACIÓN Y ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO TEMPRANO DE VITROPLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES CAPTURADAS POR DRONES

Rogelio Miranda-Marini[1,2*], Nicacio Cruz-Huerta[1], Víctor Arturo González Hernández[1], Valentín Alberto Esqueda-Esquivel[2], José Alfredo Carrillo Salazar[1]

Programa de Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad – Fisiología Vegetal, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados; CE Cotaxtla, INIFAP.
* Autor para correspondencia: semexa@gmail.com

Palabras clave: Visión computacional, malezas, crecimiento temprano.

Introducción

El cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se desarrolla tradicionalmente en grandes extensiones a nivel mundial, considerándose un sistema de producción intensivo. En México, anualmente se cultivan más de 840,000 hectáreas, representando aproximadamente el 5% de la superficie agrícola nacional. El estado de Veracruz destaca como el principal productor, con más de 300,000 hectáreas cosechadas durante la zafra 2024-2025 (SIAP, 2025).

Una herramienta comúnmente utilizada para el monitoreo del desarrollo del cultivo de caña de azúcar ha sido el uso de imágenes satelitales y la estimación de índices de vegetación como NDVI GNDVI y SAVI. Sin embargo, estas imágenes presentan limitaciones importantes en resolución espacial, temporal y espectral, lo que restringe su utilidad para el seguimiento del cultivo durante las primeras etapas fenológicas, subestimando el desarrollo del cultivo en condiciones de campo, cuando la biomasa es reducida.

En la última década, la incorporación de vehículos aéreos no tripulados (UVAs) equipados con sensores RGB, multiespectrales e hiperespectrales ha revolucionado el sector agropecuario. Entre sus aplicaciones más relevantes en el sector agrícola se encuentran la detección de plagas y enfermedades, estimación del estado hídrico de las plantas, clasificación e identificación de cultivos, detección de plantas no deseadas, conteo de plantas y estimación de rendimiento (Zhang *et al*., 2024). Sin embargo, la segmentación de plántulas jóvenes, especialmente en presencia de arvenses, sigue siendo un reto técnico. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue desarrollar una metodología confiable basada en visión computacional para la segmentación y estimación del crecimiento temprano de vitroplantas de caña de azúcar mediante imágenes capturadas por drones.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, México con coordenadas 18.933455, -96.196163 y 15 msnm, bajo condiciones de clima trópico húmedo. Se utilizaron vitroplantas aclimatadas de la variedad MEX 69-290, provenientes de la biofábrica VitroMotz, ubicada en Vicente Camalote, Acatlán de Pérez Figueroa, Oaxaca, perteneciente al Ingenio Central Motzorongo. Se estableció un experimento con diseño en bloques completos al azar con tres tratamientos de control de maleza (dos químicos y uno mecánico) y cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales contaron de cuatro surcos y seis metros de largo. El monitoreo inicio posterior al trasplante y se realizó cada tres días, mediante un dron DJI Mavic 3 Multiespectral, a una altura de 12 m, resolución de 0.5 mm por pixel y traslape horizontal/vertical de 70%/80%.

Las imágenes se procesaron en el software Agisoft Metashape v2.1.1 aplicando un umbral de calidad de imagen superior al 83%, para posteriormente ser orientadas. Se generaron ortomosaicos, nubes de puntos y modelos digitales de elevación. Las ortofotos fueron exportadas y se analizaron en lenguaje Python con la interface Jupiter Notebok utilizando las librerías NumPy, OpenCV, scikit-image (procesamiento de imágenes), Matplotlib (generación de gráficos y visualización), Pandas (manipulación y análisis de datos), scipy.stats (estadística y pruebas de hipótesis) y scikit-learn (aprendizaje automático, métricas y validación cruzada). Se modificaron los espacios de color, se generaron mascaras del cultivo de caña de azúcar, arvenses y resto de terreno. Las imágenes fueron segmentadas y se analizo la eficiencia de selección del cultivo respecto a las demás especies vegetales en campo. La evaluación de los algoritmos de segmentación se realizo mediante pruebas de loU (Intersection over Union).

Resultados y discusión

Los resultados mostraron que los distintos espacios de color influyen significativamente en la precisión de la segmentación (Cuadro 1), siendo estos la base para alimentar los diferentes algoritmos de clasificación. La combinación de canales del espacio de color LAB, especialmente el canal A, mostraron mayor efectividad al segmentar la caña de azúcar respecto a la maleza de hoja ancha y angosta. El uso de combinaciones como LAB + GRAY permitió alcanzar valores de IoU superiores a 0.8, indicando segmentación precisa (Figura 1H). Asi mismo, la precisión se incrementa cuando se utilizan espacios de color como CMYK y GRAY juntos, aunque estos espacios individualmente no generan buenos clasificadores.

Cuadro 1. Análisis máscaras de selección basadas en de diferentes espacios de color.

Máscara (combinación)	IoU	Mascara mejorada (combinación)	IoU
CMYK	0.04	CMYK	0.08
GRAY	0.32	GRAY	0.33
LAB	0.64	LAB	0.70
HSV	0.55	HSV	0.58
HSV + CMYK + GRAY	0.75	HSV + CMYK + GRAY	0.79
LAB	0.65	LAB	0.73
LAB + CMYK	0.73	LAB + CMYK	0.75
LAB + GRAY	0.76	LAB + GRAY	0.84

* interpretación de valores: <0.4: segmentación pobre; 0.4-0.6: riesgo alto de error; 0.6-0.8: buena segmentación, pero con errores; y 0.8-1 segmentación precisa.

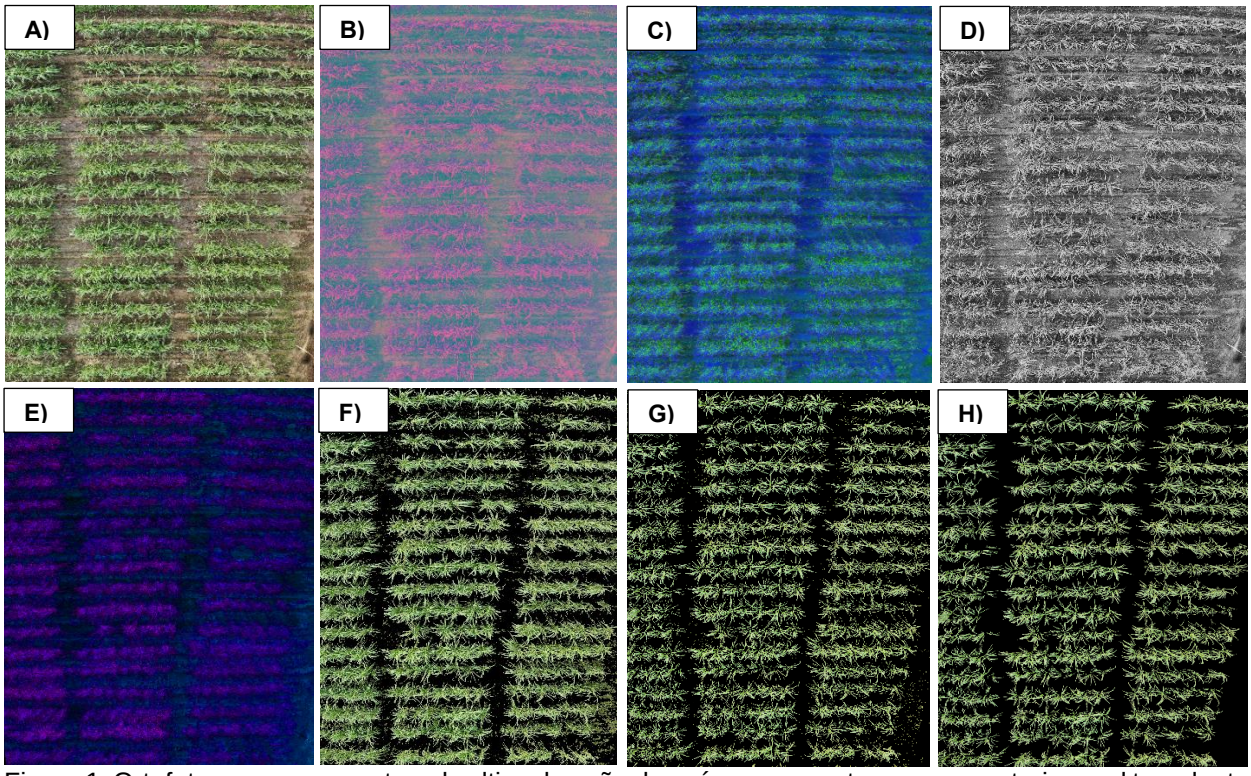


Figura 1. Ortofotos que representan al cultivo de caña de azúcar con cuatro meses posteriores al trasplante. A) escala original RGB; B) escala de color LAB; C) escala de color HSV; D) escala de grises – GRAY; E) escala de color CMYK; F) Imagen RGB con mascara de clasificación basada en el canal A del espacio de color LAB; G) imagen RGB con mascara de clasificación basado en los espacios de color LAB y GRAY; y H) imagen RGB con mascara de clasificación mejorada basada en los espacios de color LAB y GRAY.

La precisión en la segmentación del cultivo depende de forma crítica del espacio de color empleado y del momento fenológico. Durante las primeras etapas, donde la biomasa es reducida, la correcta elección de combinaciones espectrales es clave para evitar falsos positivos con especies de arvenses (Xu *et al*., 2023). Este estudio confirma que las combinaciones de diferentes espacios de color partiendo de imágenes RGB mejoran la discriminación del cultivo frente a interferencias del fondo, tal como se ha reportado en otros cultivos. La metodología propuesta puede integrarse a flujos de trabajo de fenotipado temprano y gestión agronómica, facilitando el conteo automático de plantas, estimación de vigor y seguimiento de tratamientos de maleza.

Conclusiones

El análisis de imágenes RGB capturadas por drones, permiten segmentar con alta precisión las vitroplantas de caña de azúcar en condiciones de campo aun en presencia de arvenses.

La combinación de espacios de color LAB + GRAY ofrecen la mejor segmentación con IoU > 0.80, representando una herramienta robusta para el monitoreo temprano de vitroplantas de caña de azúcar.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo mediante beca de estudios de doctorado, y al Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP por las facilidades brindadas para la ejecución del presente estudio.

Referencias bibliográficas

SIAP (Servicio de Información Agroindustrial y Pesquera). 2025. Anuario estadístico de la producción agrícola. https;//nube.siap.gob.mx/cierreagricola

Xu, B., Fan, J., Chao, J., Arsenijevic, N., Werle, R., & Zhang, Z. (2023). Instance segmentation method for weed detection using UAV imagery in soybean fields. *Computers and Electronics in Agriculture, 211*, 107994. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107994

Zhang, J., Yu, F., Zhang, Q., Wang, M., Yu, J., & Tan, Y. (2024). Advancements of UAV and Deep Learning Technologies for Weed Management in Farmland. *Agronomy*, *14*(3), 494. https://doi.org/10.3390/agronomy14030494

ENRIQUECIMIENTO DEL SUSTRATO CON DIATOMITA INCREMENTA EL RENDIMIENTO DEL FRIJOL EJOTERO (*Phaseolus vulgaris*) CV. STRIKE

Víctor Manuel Ordaz-Chaparro*, Sara Monzerrat Ramírez-Olvera

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: ordaz@colpos.mx

Palabras clave: Diatomeas, dosis respuesta, vainas.

Introducción

Los sustratos hortícolas son determinantes para el desempeño de los cultivos sin suelo, su composición y la interacción que establecen con la solución nutritiva regulan la disponibilidad de agua y nutrimentos. Enriquecerlos con minerales mejora sus propiedades físicas y químicas, y esto se traduce en un crecimiento vegetal más vigoroso.

La diatomita, un sedimento biogénico, poroso y de baja densidad, contiene alrededor de 90% de dióxido de silicio y una fracción de minerales arcillosos (Aksakal *et al*., 2012). Actúa como reservorio de agua y nutrimentos, de modo que su incorporación al sustrato induce respuestas positivas en las plantas (Głąb y Gondek, 2025). Estudios recientes señalan que la diatomita aumenta el área foliar, la longitud radicular y el rendimiento, mejora la germinación y el establecimiento de plántulas, y eleva la tasa fotosintética, el contenido de clorofila y el vigor general de diversas especies.

En la horticultura protegida del centro de México predomina el tezontle por su bajo costo y sus buenas cualidades físicas, aunque es prácticamente inerte desde el punto de vista nutrimental, por lo que los cultivos dependen casi por completo de soluciones nutritivas. La mezcla con diatomita ofrece una vía para reducir esa dependencia, suministra silicio y otros minerales, mejora la retención de agua y optimiza el balance aire-agua del sustrato.

El frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) es esencial en la alimentación humana y se valora por su bajo aporte energético (133,9 kJ por 100 g de vaina fresca) y aporte de fibra, vitaminas y minerales (Carović-Stanko *et al*., 2018). Potenciar su productividad en sistemas protegidos resulta prioritario para abastecer la creciente demanda de hortalizas. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de diatomita al sustrato sobre el crecimiento y el rendimiento de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) cv. Strike.

Materiales y métodos

Las semillas de frijol ejotero cv. ‘Strike’ se sembraron en bolsas de polietileno negro de 3 × 3 cm en cuyo interior contenían la mezcla de tezontle rojo y turba en relación 1:1 (v/v). Trece días después de la siembra, cuando las plántulas mostraban un desarrollo homogéneo, se trasplantaron a bolsas de polietileno negro de 35 × 35 cm con 10 L de sustrato compuesto por tezontle rojo tamizado (≤ 5 mm) y espuma fenólica comercial en proporción 1:1 (v/v). A este sustrato se le incorporó diatomita en cuatro concentraciones, 0, 2, 4 y 6 % (v/v).

A los 56 días después del trasplante se registró la altura de planta, el diámetro del tallo y la biomasa seca de la parte aérea. Además, se determinó el número promedio de vainas por planta y el rendimiento por planta. Los datos de cada variable se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de comparación de medias de Tukey, con el el software SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

La adición de diatomita al sustrato ejerció efectos diferenciados en las variables evaluadas. La altura de la planta aumentó significativamente con la dosis 6 % (v/v) de diatomita (Figura 1A), mientras que el diámetro del tallo no mostró variaciones significativas en relación al tratamiento testigo (Figura 1B). En cambio, las concentraciones de 2, 4 y 6 % incrementaron significativamente la biomasa seca de la parte aérea (Figura 1C). Por otro lado, el número de vainas por planta y el rendimiento se vieron favorecidos solo por la dosis intermedia de 4 % (Figuras 2A y 2B).

El efecto positivo de la diatomita sobre la altura de la planta a la dosis del 6 % puede atribuirse a la mejora en la retención de agua y la aireación, lo que mantiene la disponibilidad constante de agua, que favorece el alargamiento de los entrenudos. No obstante, la falta de respuesta en el diámetro del tallo sugiere que el aporte hídrico adicional no fue suficiente para desencadenar un engrosamiento vascular.

El incremento sostenido de la biomasa seca con las tres dosis de diatomita apunta a un efecto acumulativo sobre la eficiencia en el uso del agua y de los nutrimentos. Mientras que el rendimiento comercial, considerado como número de vainas y peso fresco fue superior con la la dosis de 4 %, indicando un punto de equilibrio donde la mejora física del sustrato favorece la producción de órganos reproductivos sin promover un crecimiento vegetativo excesivo que compita por fotoasimilados.

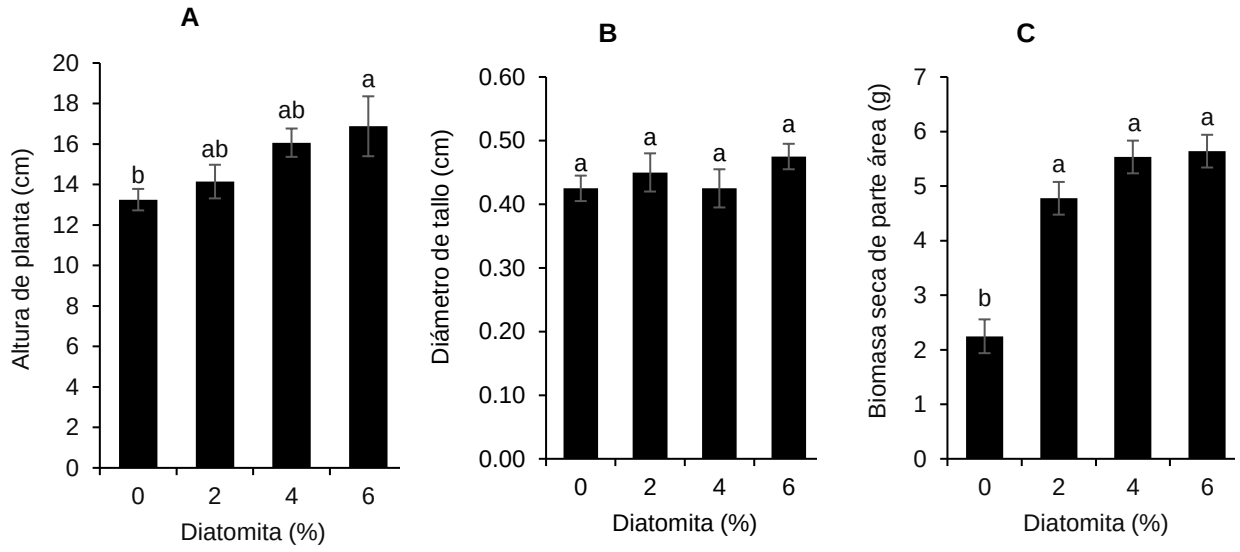


Figura 1. Altura de planta (A), diametro de tallo (B) y biomas seca de parte área (C) de plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) cv. Strike cultivadas en sustrato adicionado con diatomita. Medias ± EE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, p ≤ 0.05).

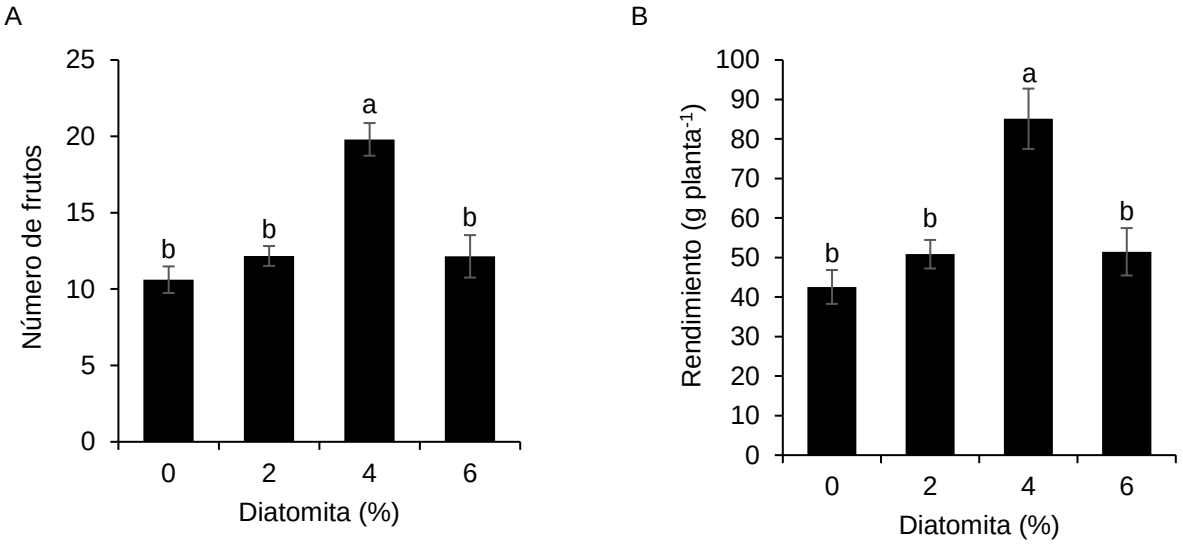


Figura 2. Número de frutos (A), y rendimiento de frutos (B) de plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) cv. Strike cultivadas en sustrato adicionado con diatomita. Medias ± EE con letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos (Tukey, *p* ≤ 0.05).

Conclusiones

La incorporación de diatomita al sustrato favorece el crecimiento y la producción de frijol ejotero, pero su efecto es dependiente de la dosis de aplicación. La concentración 6 % (v/v) estimuló el vigor vegetativo al incrementar la altura y la biomasa seca aérea, sin impacto en el grosor del tallo. No obstante, la respuesta productiva, expresada en número de vainas y rendimiento fue superior a dosis intermedia de 4 %, lo que sugiere que niveles superiores aportan mayor biomasa foliar que no necesariamente se traduce en mayor rendimiento. Así, la concentración 4% puede considerarse como la opción más eficiente para equilibrar crecimiento y productividad en condiciones de invernadero, mientras que el 6 % podría reservarse para situaciones donde se busque priorizar la acumulación de biomasa.

Agradecimientos
Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, por las facilidades otorgadas, el apoyo técnico y los recursos institucionales que hicieron posible la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

Carović-Stanko, K., Maloić, M., Pintar, J., Liber, Z., Radosavljević, I., Bedeković, D., Lazarević, B. (2018). Nutritional quality of phaseolin types and morphotypes of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agrociencia*, *52*(4), 523-537.

Głąb, T., & Gondek, K. (2025). Enhancing Soil Physical Quality with Diatomite Amendments. *Agronomy*, 15(2), 424.

Levitan, O., Dinamarca, J., Hochman, G., & Falkowski, P. G. (2014). Diatoms: a fossil fuel of the future. *Trends in Biotechnology*, *32*(3), 117-124.

CONTROL DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) USANDO HERBICIDAS ORGÁNICOS

Héctor Miguel Olivares-Soto[1*], Altagracia Reyes-Castillo[1], Jeovani Francisco Cervantes-Preciado[1]

[1]Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícola y Pecuarias (INIFAP), CIRPAC, Campo Experimental Tecomán, Colima, México.
*Autor para correspondencia: olivares.hectormiguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maleza, herbicida, orgánico.

Introducción

Uno de los factores bióticos que altera la producción en los cultivos de caña de azúcar es la maleza, debido a su poder de invasión y desplazamiento en el cultivar. Asimismo, las malezas interfieren o compiten por recursos como nutrientes, luz y agua, afectando los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar que pueden alcanzar pérdidas del 33 al 66 %, convirtiéndose como la segunda causa más significativa de pérdida de rendimiento en México. Los dos métodos en el control de malezas más utilizados en la agricultura son el mecánico, por medio del arranque con maquinaria, quema, inundación o corte frecuente de la maleza y el químico, mediante la implementación de herbicidas que desempeñan un papel relevante en la agricultura. Sin embargo, el control químico es el método más utilizado para el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar, especialmente durante la época de lluvias (Rodríguez *et al*., 2019). Es necesario encontrar alternativas de manejo para el control de malezas asociada al cultivo de caña de azúcar ya que existe la necesidad de ejercer una agricultura más amigable con el medio ambiente. Actualmente en la agricultura, han aparecido herbicidas derivados de ácidos orgánicos considerados como alternativas al herbicida que contiene glifosato - isopropilamonio, estos productos orgánicos pueden ser efectivos para controlar la maleza. A partir de la importancia económica que representa el cultivo de caña de azúcar a nivel nacional como estatal. La justificación más sólida para buscar alternativas al herbicida que contiene glifosato - isopropilamonio, radica en la resistencia a mayor número de especies de malezas, los efectos negativos que causa al medio ambiente y que el herbicida que contiene glifosato - isopropilamonio quedará prohibido en todo el país a partir de este año 2024. Por lo antes expuesto, el objetivo de esta investigación fue evaluar herbicidas orgánicos como una alternativa al glifosato para el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP) ubicado en el municipio de Tecomán, Colima, México, en las coordenadas 18°57'54" latitud N y 103°50'24" longitud W, prevalece un clima tipo cálido subhúmedo con una, temperatura media anual superior a los 26 °C. El experimento se estableció en una plantación de caña de azúcar *(Saccharum officinarum)* de la var. 'Colmex 98-100' que presenta una distancia entre surco de 1.10 m. El experimental fueron ocho tratamientos y un testigo. Se evaluaron cuatro herbicidas con dos diferentes dosis y un testigo (Cuadro 1); de los herbicidas utilizados, tres corresponden a una composición 100% orgánica y uno es sintético (glifosato), en tanto que, el testigo corresponde a ningún producto.

Se utilizó un diseño completamente al azar, mediante nueve tratamientos y cuatro repeticiones. Antes de aplicar los tratamientos, se midió la altura de las malezas, debido a que la altura es un referente para decidir el momento de la aplicación de un herbicida post-emergente. A los siete, 14 y 28 días después de la aplicación se realizaron las evaluaciones y toma de datos correspondientes al control de malezas dentro del cultivo de caña de azúcar y el efecto residual de cada uno de los tratamientos. Para determinar la biomasa de malezas, se procedió a cortarlas especies a los siete días después de la aplicación, tomando como referencia un metro cuadrado por cada replica de los tratamientos. Posterior al corte, se pesaron en una balanza electrónica para determinar el peso fresco de las malezas, después se procedió a introducirla a una estufa de secado a 60 ºC por cinco días hasta obtener un peso seco, donde se utilizó la misma balanza electrónica. Los valores obtenidos de las variables se les realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) mediante el programa SAS®. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar *(Saccharum officinarum).*

Tratamiento	Ingrediente activo	Modo de acción	Dosis/L
T1	Gordolobo y aceite de coco	Post-emergente	10 mL/L
T2	Gordolobo y aceite de coco	Post-emergente	15 mL/L
T3	Aceite de conífera	Post-emergente	10 mL/L
T4	Aceite de conífera	Post-emergente	15 mL/L
T5	Hongos bioherbicidas	Post-emergente	10 mL/L
T6	Hongos bioherbicidas	Post-emergente	15 mL/L
T7	Glifosato - isopropilamonio	Post-emergente	10 mL/L
T8	Glifosato - isopropilamonio	Post-emergente	20 mL/L
T9	Testigo	-	-

mL/L = mililitros por litro de agua.

Resultados

Población de malezas en el área experimental. A los siete días después de la aplicación de los tratamientos, el herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas con 10, y 15 mL/L, así como, el herbicida que contiene glifosato - isopropilamonio de 40 mL/L fueron estadísticamente similares presentando un control de las arvense del 60 al 72.5 % mientras que, los demás tratamientos tuvieron un control de 55 %. A los 14 días después de la aplicación, el herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas de 10 y 15 mL/L presento un 92% en el control de malezas, en tanto que, el resto de los tratamientos fueron estadísticamente similares con un porcentaje de control inferior al 76%. A los 28 días después de la aplicación los tratamientos que fueron estadísticamente iguales el herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas de 10 y 15 mL/L con un 100% de control, el herbicida que contiene como ingrediente activo aceite de conífera de 10 mL/L con un 91.75% de control, y el herbicida que contiene como ingrediente activo gordolobo y aceite de coco de 15 mL/L registro un control del 91%, mientras que, los demás tratamientos presentaron un control entre 83.75 al 90.75% siendo estadísticamente similares entre ellos.

Biomasa de las malezas y eficiencia de los herbicidas. Los tratamientos fueron mejores al testigo por presentar valores inferiores en los pesos frescos y secos. Además, se muestra que el tratamiento del herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas de 10 y 15 mL/L presentaron los mejores comportamientos al obtener los valores más inferiores en comparación a los demás tratamientos con 112.77 y 137.88 g de peso fresco y un peso seco de 35.29 y 46.66 g, respectivamente.

Efecto residual. Los herbicidas evaluados demostraron un efecto residual que supero los 28 días después de la aplicación. Cabe destacar que, a pesar de que los herbicidas no son selectivos al cultivo de caña de azúcar y no causaron una fitotoxicidad.

Discusión

Los resultados demuestran la eficacia de los herbicidas orgánicos en el control de malezas, siendo su comportamiento mejor que el glifosato - isopropilamonio. El herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas controló eficientemente las malezas presentes en el área experimental durante los siete, 14 y 28 días después de la aplicación, teniendo un efecto residual mayor a 28 días y no causo una fitotoxicidad al cultivo de caña de azúcar. Además, redujo el peso fresco y seco hasta un 75% comparado con el testigo sin control. Esto se puede deber a que el herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas es un herbicida de amplio espectro, post emergente y de contacto que actúa de tres a cuatro días después de su aplicación en todo tipo de malezas, al actuar específicamente sobre la superficie que toca afectando tallos y hojas. En una investigación que realizo Fierros Leyva (2020) donde utilizo herbicidas orgánicos como alternativa al glifosato - isopropilamonio para el control de malezas en frijol, encontrando que, el herbicida más efectivo fue el herbicida que contiene resinas de pino con un porcentaje de control del 90 %, con un efecto residual de 28 días. Además, no presento una fitotoxicidad en el cultivo y redujo hasta un 70 % el peso fresco y seco de las malezas. Todo esto debido a que este herbicida orgánico presenta el mismo modo de acción que el herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas.

Conclusiones

La efectividad de los herbicidas: el herbicida que contiene esporas de hongos bioherbicidas con dosis de 10 y 15 mL/L es muy efectivo para el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar, por controlar al 100% las malezas a los 28 días después de la aplicación, persistiendo su efecto residual después de ese lapso, no causa fitotoxicidad al cultivo. Cabe aclarar que los demás tratamientos también tuvieron un buen efecto residual y no causaron una fitotoxicidad al cultivo, pero el control de malezas fue inferior,

Referencias bibliográficas

Fierros Leyva, G. A. (2020). Control de malezas en frijol en riego por goteo con herbicidas alternativos a glifosato. Revista Mexicana, 3, 36-40. https://Somecima.com

Rodríguez, D., Barbosa, R. N., y Rodríguez, E. (2019). Manejo de arvenses en caña de azúcar *(Saccharum officinarum)*, impacto ambiental, efectividad económica y de control. Centro Agrícola, 46(2), 64-71. http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-64.pdf

CONTROL QUÍMICO DE MALEZA DE HOJA ANCHA EN CANOLA (*Brassica napus* L.), EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Javier González-Quintero[1*], Manuel de la Garza-Caballero[1], María Genoveva Álvarez Ojeda[1]

[1]INIFAP-Campo Experimental Río Bravo
*Autor para correspondencia: gonzalez.javier@inifap.gob.mx

Palabras clave: Dicamba, clopyralid, riego.

Introducción

La zona norte de Tamaulipas es una región eminentemente agrícola, y tiene como cultivos principales el sorgo y el maíz; con siembra promedio en el período 2019-2023, ciclos Otoño-Invierno (O-I), de 701,562 y 69,420 ha, respectivamente (AGRICULTURA, 2025). El sorgo se siembra mayoritariamente bajo condiciones de temporal (70 %) y el 100 % del maíz en condiciones de riego. La falta de agua para riego y las lluvias erráticas en la zona, ha ocasionado una baja en la producción y productividad de estos cereales, y con ello una baja en la rentabilidad de la actividad agrícola, creando la necesidad de contar con nuevas opciones para diversificar el patrón de cultivos de la región, siendo la canola uno de estos cultivos.

Según el informe 55 del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA) en 2019, el 27 % de la canola sembrada a nivel mundial correspondía a variedades genéticamente modificadas (transgénicas), con tolerancia a herbicidas, principalmente a glifosato y glufosinato (ISAAA, 2019). En Canadá, el segundo país productor de canola en el mundo y principal exportador de esta oleaginosa a México, de las 120 variedades de canola que tenía registradas en el año 2000, el 80 % eran no transgénicas o de tipo convencional (CBAN, 2025); pero actualmente sólo el 3% de las variedades de canola disponibles en ese país son no transgénicas.

En México está restringido el uso de canola genéticamente modificada, es por ello que, el manejo adecuado de la maleza es uno de sus principales problemas, pues depende del control mecánico y manual. Actualmente, a nivel mundial hay muy pocos herbicidas post-emergentes recomendados para el control selectivo de maleza de hoja ancha en canola. Se ha reportado que el dicamba, herbicida de acción hormonal de la familia de los benzoicos, en dosis reducidas puede tener un control de maleza y selectividad aceptables en canola, ya que en términos generales las crucíferas son resistentes a este herbicida (Puricelli y Leguizamón, 2005).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar dos herbicidas postemergentes, en dosis reducidas, para determinar su grado de control de las principales malezas de hoja ancha que inciden en el cultivo de canola en el norte de Tamaulipas.

Materiales y métodos

La siembra se realizó en terrenos del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo (25° 58’ 06.82” N; 98° 01’ 02.32” W; 25 msnm), el 25 de noviembre de 2019, a “tierra venida” y “rajando” bordo, con una sembradora de precisión marca John Deere, Modelo Max Emerge 1700 Plus y plato semillero de 45 orificios para “sugar beet small”; utilizando la variedad Centenario. Los tratamientos se distribuyeron bajo un arreglo en parcelas divididas, teniendo como parcela grande dos sistemas de riego: Riego rodado, por compuertas, y fertirriego, bajo el sistema de cintilla. Cada sistema de riego constó de 36 surcos de 30 m de largo, separados a 0.8 m entre sí; entre ambos se dejó una calle de 6.0 m. Como parcela chica se evaluaron dos herbicidas postemergentes: Dicam LS (dicamba, 480 g i. a. L^{-1}) y Reclaim (clopyralid, 360 g i. a. L^{-1}), ambos herbicidas se manejaron bajo tres dosis de producto comercial (100, 150 y 200 mL ha^{-1}); comparados con un testigo regional (escarda) y un testigo absoluto (sin aplicación). Los tratamientos de herbicidas se distribuyeron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo en franjas; las cuales constaron de seis surcos de 30 m de largo. La aplicación de los herbicidas se realizó el 16 de enero de 2020, utilizando una aspersora tipo mochila manual, con boquilla antiacarreo AI11002-VS. Para determinar la efectividad de los herbicidas en el control de la maleza, el 25 de marzo de 2020, se realizó una estimación visual del control de maleza en cada tratamiento; tomando como base la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS). En el tratamiento de riego rodado, en etapa de “roseta” (6-8 hojas) se fertilizó con la dosis 60-20-00-12 (N-P-K-S) y el 8 de febrero de 2020, se aplicó un riego de auxilio (lámina de 10.4 cm). En el caso de fertirriego, se aplicaron cinco riegos: 21 y 24 de febrero y 1, 9 y 14 de marzo de 2020. En cada riego se aplicó una lámina de agua de 8.4 mm y la dosis de fertilización 13 - 9.2 - 9.6 (N-P-K); lo que

equivale a una lámina de agua de 4.2 cm y una fertilización de 65 - 46 - 48 (N-P-K) por hectárea. La cosecha se realizó en forma manual el 2 de abril de 2020, tomando como muestra 5.0 m de los dos surcos centrales de cada tratamiento. Las variables evaluadas fueron: Altura de planta, control de maleza, peso específico del grano y rendimiento de grano. El análisis de varianza se realizó con el paquete estadístico RStudio, versión 4.2.1 y para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Las malezas de hoja ancha presentes en el área del experimento fueron: Quelite *Amaranthus palmeri* S. Watson (50.0 %), Polocote *Helianthus annuus* L. (33.3 %) y Amargosa *Parthenium hysterophorus* L. (16.7 %).

El ANOVA determinó diferencias altamente significativas entre los sistemas de riego, para las variables altura de planta y rendimiento de grano, y diferencias significativas para las variables control de maleza y peso específico de grano. Los valores más altos se obtuvieron con fertirriego, excepto en el control de maleza, donde el riego rodado obtuvo un promedio de 92 %, contra un 87 % en fertirriego. El sistema de fertirriego, utilizando el equivalente al 39.4 % del agua aplicada al cultivo con el sistema de riego rodado, superó a éste, con un 33.1 % en rendimiento de grano. En los tratamientos de herbicidas se determinaron diferencias altamente significativas para todas las variables en estudio.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en el experimento. En altura, el testigo sin aplicación fue el de mayor altura (114.3 cm), seguido por los tratamientos aplicados con clopyralid, el testigo regional y el dicamba, en donde la dosis de 150 mL ha^{-1} de producto comercial obtuvo la menor altura (90.1 cm). En trabajos reportado por Rosales y colaboradores en 2006, el dicamba, en dosis de 100 y 200 mL ha^{-1} de producto comercial, mostró una toxicidad de 10 y 25 %.

Con base en la escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza, la mayoría de las dosis de herbicidas aplicadas lograron un buen control de la maleza (93.0 a 96.5 %), incluso, la dosis más alta de ambos herbicidas se clasifica en el rango de muy buen control (96.5 a 99.0 %). El testigo regional (escarda) controló solo el 65 % de la maleza (control pobre) y el testigo sin aplicación 0 % (sin efecto).

Cuadro 1. Comportamiento de las variables de respuesta al manejo del cultivo de canola, en dos sistemas de riego y la aplicación de herbicidas postemergentes. INIFAP-CERIB. O-I 2019/2020.

Tratamiento[⊗]	Altura de planta (cm)	Control de maleza (%)	Peso específico (g L^{-1})	Rendimiento (kg ha^{-1})
Fertirriego	111.8 a	87 b	654 a	1303 a
Riego rodado	95.8 b	92 a	634 b	979 b
Clopyralid (100 mL ha^{-1})	104.4 b	94 ab	650 ab	1305 a
Clopyralid (150 mL ha^{-1})	104.5 ab	94 ab	647 bc	1271 b
Clopyralid (200 mL ha^{-1})	102.4 b	99 a	654 ab	985 f
Dicamba (100 mL ha^{-1})	100.7 b	94 ab	607 e	1110 d
Dicamba (150 mL ha^{-1})	90.1 b	95 a	629 d	1213 c
Dicamba (200 mL ha^{-1})	101.6 b	97 a	633 cd	990 f
Testigo regional (escarda)	104.3 b	65 b	668 a	1035 e
Testigo absoluto (sin aplicación)	114.3 a	00 c	663 ab	1217 c

[⊗]Dosis de producto comercial

Los tratamientos con mejor peso específico de grano fueron los testigos, seguidos por los tratamientos aplicados con clopyralid y, por último, los tratados con dicamba.

Los mejores rendimientos se obtuvieron con clopyralid, en dosis de 100 y 150 mL ha^{-1}, que representan un incremento del 26.1 y 22.8 % sobre el testigo regional, respectivamente; en el caso de dicamba, el incremento equivale a un 7.2 y 17.2 %, también respectivamente. Los tratamientos con las dosis mayores (200 mL ha^{-1}) de ambos herbicidas fueron las que obtuvieron los menores rendimientos de grano del ensayo: dicamba, 990 kg ha^{-1} y clopyralid, 985 kg ha^{-1}.

Conclusiones

El uso de los herbicidas clopyralid y dicamba, representan una buena opción para el control de maleza de hoja ancha en el cultivo de canola convencional, aplicados en etapa postemergente.

Con base en los resultados obtenidos, la recomendación para el control de maleza de hoja ancha en canola, en postemergencia, sería aplicar de 100 a 150 mL ha^{-1} de cualquiera de ambos herbicidas.

El sistema de fertirriego incrementa el ahorro de agua y el rendimiento de grano del cultivo, por lo que se recomienda su uso, sobre todo en las áreas donde el abastecimiento de agua de riego es limitado.

Se sugiere repetir el ensayo para confirmar las bondades del fertirriego y de los herbicidas aplicados y sus dosis.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP por el financiamiento del proyecto “Actualización de paquetes tecnológicos de producción de oleaginosas en la región norte-centro de Tamaulipas y Nuevo León”, registrado con el N° 1348334870, en el Sistema Institucional de la Gestión Integral (SIGI).

A la Dra. Blanca Estela Santiago Mejía, Investigadora del INIFAP-Campo Experimental Río Bravo, por su apoyo en el análisis estadístico del experimento.

Referencias bibliográficas

AGRICULTURA. 2025. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/. Consultado el 20 de junio de 2025.

CBAN. 2025. Canadian Biotechnology Action Network. Canola. https://cban.ca/gmos/products/on-the-market/canola/. Consultado el 20 de junio de 2025

ISAAA. 2019. Informe ISAAA 55-2019: Resumen ejecutivo. Los cultivos biotecnológicos impulsan el desarrollo socioeconómico y el medio ambiente sostenible en la nueva frontera. 24 p. https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/55/executivesummary/default.asp. Consultado el 20 de junio de 2025

Puricelli, Eduardo y Leguizamón, Eduardo 2005. Herbicidas hormonales. Sitio Argentino de Producción Animal. p. 1-4. https://www.produccion- animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_ de_plagas_y_malezas/51-herbicidas_hormonales.pdf. Consultado el 20 de junio de 2025

Rosales Robles, E.; Sánchez de la Cruz, R. y González Quintero, J. 2006. Control químico postemergente de maleza de hoja ancha en canola con dosis reducidas de dicamba. In Memoria del XXVII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza, Ensenada, B. C., del 20 al 24 de noviembre de 2006.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE MICROVEGETALES Y SU IMPACTO EN LA BIOMASA

Juan Alberto Alvarado-Chávez[1*], Nicacio Cruz-Huerta[1], Ángel Villegas-Monter[1], Víctor Arturo González-Hernández[1], Juan Carlos Diáz-Pérez[2].

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Fisiología Vegetal; [2]Universidad de Georgia, E.U.A.
*Autor para correspondencia: albertokromo@hotmail.com

Palabras clave: Microgreens, agricultura vertical, fisiología vegetal.

Introducción

El crecimiento acelerado de la población mundial, que se estima alcanzará 9,600 millones de personas para el año 2050, genera una creciente demanda de alimentos (White y Broadley, 2009). Las prácticas tradicionales de agricultura enfrentan limitantes de espacio, agua y recursos, lo cual ha llevado a considerar nuevas alternativas de producción como la agricultura vertical y el cultivo de microvegetales (Benke, 2017). Los microvegetales son plantas tiernas cosechadas en etapa de plántula generalmente de entre siete y 21 días, con alta concentración de compuestos bioactivos, vitaminas y minerales (Xiao *et al*., 2014). Su producción es viable en sistemas intensivos de cultivo interior o bajo ambientes controlados que permiten optimizar luz, humedad, temperatura y nutrientes (Zobayed *et al*., 2005). Sin embargo, la respuesta de diferentes especies a diversos sistemas de cultivo presenta variaciones significativas en términos de rendimiento de biomasa.

El objetivo fue evaluar la respuesta en biomasa de microvegetales de chía (*Salvia hispanica* L.), lenteja (*Lens culinaris* Medik.) y maíz pipitillo (*Zea mays* L.) cultivadas en tres sistemas de producción: Invernadero vertical y horizontal e interior con luz LED.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el invernadero tipo túnel sin control climatico del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México. Se implementaron tres sistemas de producción: 1) sistema interior, habilitado en una habitación oscura con iluminación LED blanca de 22 W; 2) sistema horizontal, en una mesa de 210 cm x 90 cm ubicada dentro del invernadero; y 3) sistema vertical dentro del mismo invernadero sin control de clima. La siembra se realizó en contenedores de plástico transparente con drenaje (23 cm x 15 cm x 6 cm) y turba comercial como sustrato. Las especies evaluadas fueron chía, lenteja y maíz pipitillo. Las semillas se utilizaron sin tratamiento químico previo, y se sometieron a pruebas de germinación y desinfección con luz UV-C (253 nm) (Garcia *et al*., 2024). El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial (tres sistemas x tres especies) y cuatro repeticiones. Se tomaron muestras para biomasa de cuatro plantas por repetición, evaluando distribución de biomasa, altura, rendimiento, contenido de humedad, relación peso-semilla y peso seco. El análisis de datos se realizó con SAS Studio. Con prueba de Tukey al 95% de confianza.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en la acumulación de biomasa y crecimiento entre especies y sistemas de producción. La chía manifestó la mayor acumulación de peso fresco y seco total (Figura 1) por planta en el sistema de invernadero horizontal, lo cual sugiere que las conficiones de temperatura y radiación favorecen su desarrollo. De igual manera se observaron diferencias en los pesos frescos de hojas, tallos y raíces, indicando que las condiciones ambientales de este sistema optimizaron el crecimiento de esta especie en comparación con los sistemas invernadero vertical e interior.

La lenteja mostro su mejor desempeño en el sistema interior, generando los mayores pesos totales por planta. Este sistema también indujo una mayor acumulación de biomasa en hojas, raíz y restos de semilla. La eficiencia del sistema interior para la lenteja podría atribuirse a las condiciones más controladas de temperatura por día (28°C max) y noche (11°C min), y humedad día (60% min) y noche (89% max), factores que afectan fisiológicamente a cada especie, que parecen que los proporcionados por este sistema son más adecuados para esta en particular.

El maíz pipitillo no presentó diferencias significativas en la biomasa total (fresca y seca) entre los tres sistemas de producción. Sin embargo, un análisis más detallado por órganos reveló patrones específicos: el sistema invernadero horizontal tendió a favorecer el desarrollo radical, mientras que el sistema interior

se asoció con un mayor peso de tallo (Figura 3). Esta diferenciación en la asignación de biomasa, pese a la estabilidad en la producción total, podría ser una respuesta adaptativa a las condiciones de luz o de espacio a cada sistema. Los resultados obtenidos resaltan la importancia de la interacción genotipo-ambiente en la producción de microvegetales y la necesidad de seleccionar sistemas de cultivo específicos para optimizar la biomasa de cada especie.

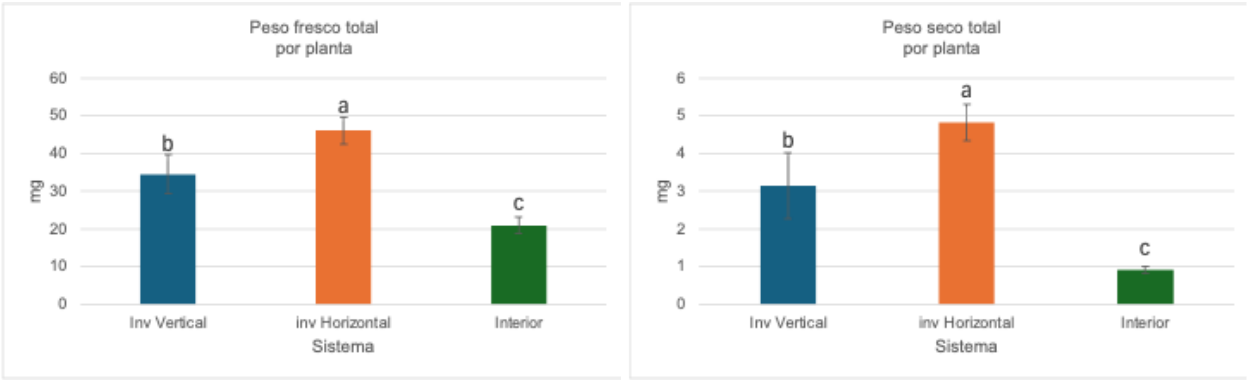


Figura 1. Peso fresco y seco total por planta de chia por efecto de los sistemas Vertical, Horizontal e Interior.

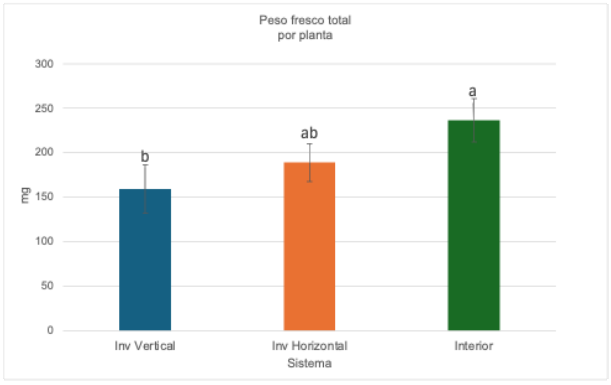


Figura 2. Peso fresco total por planta de lenteja por efecto de los sistemas Vertical, Horizontal e Interior.

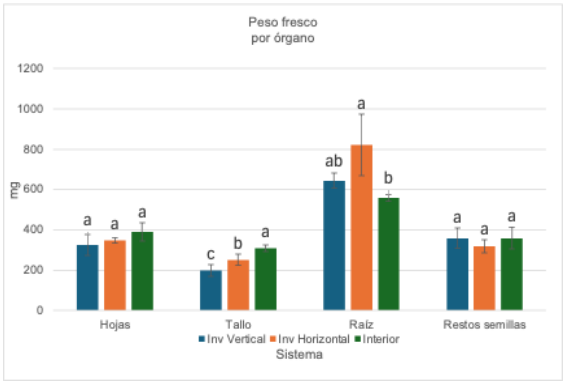


Figura 3. Peso fresco por organo por planta de maíz pipitillo por efecto de los sistemas Vertical, Horizontal e Interior.

Conclusiones

Los sistemas de producción evaluados afectan significativamente el desarrollo y biomasa de los microvegetales. El sistema de invernadero horizontal optimizó la biomasa de chía, mientras que el sistema interior fue más favorable para la lenteja. El maíz se adapto bien a los tres sistemas, aunque con diferencias

en la distribución de biomasa. Estos resultados son fundamentales para la optimización de sistemas especificos de cultivo y la selección de especies en sistemas de producción de microvegetales.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo mediante beca de estudios de doctorado. Se extiende el agradecimiento al Colegio de Postgraduados por el soporte institucional para la ejecución de este proyecto de investigación.

Referencias bibliográficas

Benke, K. B. Tomkins (2017). Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture, Sustainability: Science, Practice and Policy, 13, 13-26.

Garcia-Santiesteban, A. E., Ramírez-Corona, N., López-Malo, A., Palou, E., Jiménez-Munguía, M. T. (2024). UVC light influence on the sanitization of alfalfa (*Medicago sativa*), wheat (Triticum aestivum) and chia (*Salvia hispanica)* seeds, sprout germination and antioxidant properties. *Postharvest Biology and Technology*, 214, 112958.

White, P.J.; Broadley, M.R. (2009). Biofortificación de cultivos con siete elementos minerales que suelen faltar en la dieta humana: hierro, zinc, cobre, calcio, magnesio, selenio y yodo. New phytologist, 182(1), 4984.

Xiao, Z.; Luo, Y.; Lester, F.E.; Kou, L.; Yang, T.; Wang, Q. (2014). Postharvest quality and shelf life of radish microgreens as impacted by storage temperature, packaging film, and chlorine wash treatment. LWT-Food Sci. Technol. 55, 551–558.

Zobayed, S.M.; Afreen, F.; Kozai, T. (2005). Necessity and production of medicinal plants under controlled environments. Environ. Control Biol. 2005, 43, 243–252.

DETERMINACIÓN DE COMPONENTES DE LA PARED CELULAR EN *Brachiaria brizantha* BAJO CURVAS DE CRECIMIENTO EN VERANO Y OTOÑO

José Agustín Pacheco-Ortiz[1]*, Rigoberto Castro-Rivera[1], Gisela Aguilar-Benítez[2], Brenda Yanin Azcárraga-Salinas[1], Andres Castro-Sierra[1], Javier Ruiz-Romero[1]

[1]Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional; [2]Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
*Autor para correspondencia: jpachecoo1902@alumno.ipn.mx

Palabras clave: *Brachiaria brizantha*, FTIR, pared celular.

Introducción

La intensificación sostenible de los sistemas ganaderos requiere forrajes con alto valor nutricional, lo que ha impulsado la evaluación de sus propiedades estructurales bajo distintos manejos agronómicos. Entre ellas, la composición de la pared celular es un indicador clave de calidad, ya que influye directamente en la digestibilidad y el aprovechamiento por parte de los rumiantes. Esta estructura está formada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, además de compuestos nitrogenados como las amidas, que reflejan el estado fisiológico del tejido vegetal (Byrt *et al*., 2011). *Brachiaria brizantha*, una gramínea tropical de alto potencial forrajero se adapta a diversas condiciones agroclimáticas; sin embargo, su composición estructural varía según la estación y el momento del corte, afectando la calidad del forraje (Byrt *et al*., 2011). La espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) es una técnica no destructiva que permite caracterizar con precisión componentes estructurales como celulosa, hemicelulosa, lignina y grupos amida (Casassa-Padrón *et al*., 2022; Javier-Astete *et al*., 2021).
El objetivo del presente estudio fue analizar la composición de la pared celular en *Brachiaria brizantha* durante un ciclo de crecimiento de 12 semanas en verano y otoño, utilizando espectroscopía FTIR.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un invernadero tipo cenital del CIBA-IPN, Tlaxcala, México. Las plantas de *Brachiaria brizantha* fueron establecidas en macetas de 50 × 50 cm con 20 kg de suelo recolectado sin antecedentes de uso experimental. Se realizó un aclareo manual de 15 plantas por maceta, el riego se aplicó manualmente dos veces por semana durante todo el ciclo. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones por semana, permitiendo la construcción de curvas de crecimiento de 12 semanas, tras un corte de uniformización a 20 cm de altura. Las estaciones evaluadas fueron verano y otoño. Las variables ambientales, como temperatura y humedad relativa, fueron monitoreadas mediante un registrador automático de datos (HOBO®, USA). La composición de la pared celular fue analizada mediante espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier con reflectancia total atenuada (FTIR-ATR), utilizando un espectrómetro Bruker VERTEX 70 equipado con accesorio PIKE MIRacle®. Las mediciones se realizaron en el rango de 4000 a 400 cm^{-1}, con una resolución de 4 cm^{-1}. Las bandas más representativas fueron: 1031 cm^{-1}, correspondiente a enlaces C–O y C–C en la celulosa; 1730 cm^{-1}, asociada a grupos carbonilo C=O de la hemicelulosa; y 1375 cm^{-1}, atribuida a vibraciones aromáticas de la lignina. Además, se detectaron señales de grupos amida: la amida I (1616 cm^{-1}) asociada a estructuras tipo lámina β, la amida II (1517 cm^{-1}) vinculada a flexiones N–H y estiramientos C–H, y la amida III (1315 cm^{-1}), relacionada con estiramientos C–N y N–H en grupos metilo (Casassa-Padrón *et al*., 2022; Javier-Astete *et al*., 2021). Para cada unidad experimental se tomaron tres mediciones por muestra, evaluando regiones apical y basal de hojas representativas. Los datos espectrales fueron procesados en OriginPro 2024 para realizar análisis descriptivo y comparaciones entre estaciones y semanas de corte.

Resultados y discusión

Los análisis realizados mediante espectroscopía FTIR mostraron cambios significativos en la composición de la pared celular de *Brachiaria brizantha* a lo largo de las 12 semanas de crecimiento, con diferencias marcadas entre las estaciones de verano y otoño.
Durante el verano, se observó un mayor contenido de lignina en las primeras semanas, alcanzando un promedio general de 15%, con picos de hasta 18% entre las semanas 4 y 8. Este aumento puede atribuirse al incremento en lignificación como respuesta a temperaturas elevadas, lo cual ha sido asociado con una menor digestibilidad del forraje en gramíneas C4 (Vanholme *et al*., 2019). En contraste, la celulosa mostró

una tendencia descendente con el avance de las semanas, disminuyendo de 72% en cortes tempranos hasta 66–67% hacia la semana 12. La hemicelulosa, por su parte, se mantuvo relativamente estable, con un promedio de 15.6%, aunque mostró un ligero incremento hacia el final del ciclo, alcanzando un valor máximo de 19% en la semana 10, ver Figura 1.

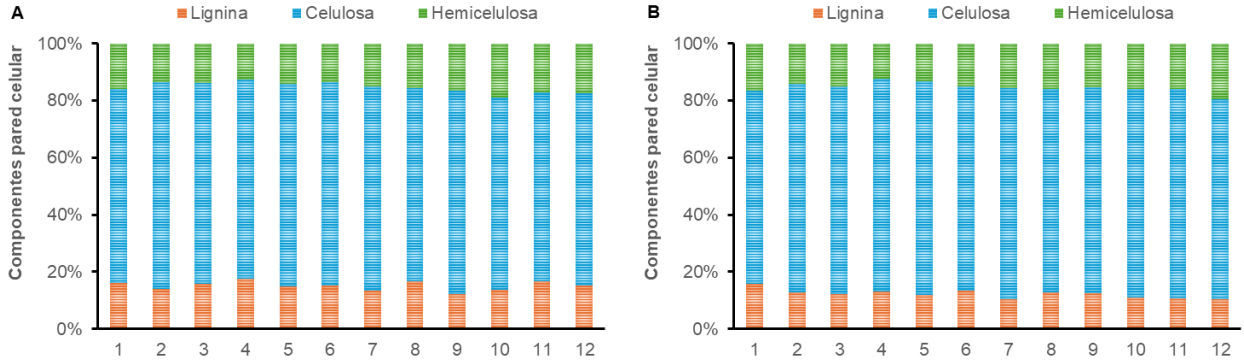


Figura 1. Variación estacional de los componentes estructurales de la pared celular en *Brachiaria brizantha* durante 12 semanas de crecimiento. A. Verano. B. Otoño.

En otoño, la lignina tendió a disminuir de forma progresiva, partiendo de 16% en la semana 1 hasta alcanzar un valor mínimo de 10% en la semana 12, con un promedio estacional de 12.6%. Este descenso puede estar relacionado con la disminución de la temperatura, la cual favorece una menor actividad fenilpropanoide y, en consecuencia, un menor depósito de lignina en la pared celular. Por otro lado, la celulosa se incrementó en las primeras semanas de crecimiento, con un máximo de 75% entre las semanas 4 y 5, y mantuvo valores estables cercanos a 73% hasta la semana 11. La hemicelulosa presentó un comportamiento relativamente constante ~15%, incrementándose ligeramente al final del ciclo, con un máximo de 19% en la semana 12. Estos resultados coinciden con lo reportado por Pauly *et al*. (2019), quienes señalaron que los carbohidratos estructurales tienden a acumularse en fases de madurez intermedia bajo condiciones templadas.

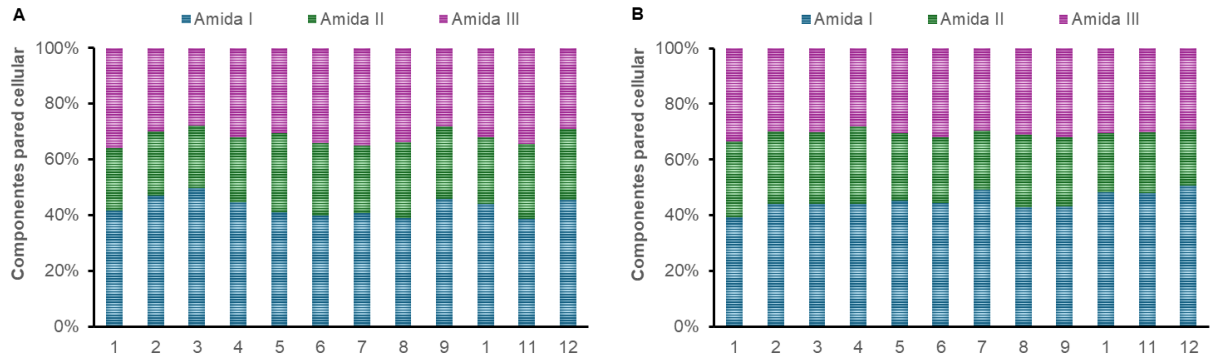


Figura 2. Contenido relativo de amidas en *Brachiaria brizantha*. A. Verano. B. Otoño.

En cuanto al análisis de las amidas, se observaron diferencias notables entre estaciones, ver Figura 2. La amida I, asociada a estructuras β-plegadas de proteínas, presentó un valor promedio ligeramente superior en otoño de 44.8% respecto a verano en 43.2%, con una clara tendencia ascendente hacia el final del ciclo del 51% en la semana 12. Esta acumulación sugiere una mayor maduración y reorganización estructural del tejido vegetal. La amida II, relacionada con enlaces N–H y C–H en proteínas, fue más alta en verano de 24.8% y tendió a disminuir en otoño en 23.8%, lo que puede interpretarse como un reflejo de mayor actividad proteica en tejidos jóvenes o menos lignificados. Por su parte, la amida III se mantuvo más constante entre estaciones, con una ligera disminución hacia el final del ciclo, posiblemente debido a procesos de desnaturalización o transformación estructural de proteínas durante la senescencia.

En conjunto, los resultados evidencian que *Brachiaria brizantha* presenta mayor lignificación en verano y mayor acumulación de celulosa y proteínas estructurales en otoño, en función de su estado de madurez. Como lo indica Hernández-Álvarez *et al*. (2024), estas variaciones fisiológicas impactan directamente la calidad forrajera y deben considerarse para ajustar el manejo del corte en sistemas tropicales.

Conclusiones

Brachiaria brizantha mostró variaciones estacionales en la composición de su pared celular. En verano se incrementó la lignina, especialmente en etapas tempranas, mientras que en otoño predominó la celulosa, alcanzando más del 75% en fases intermedias. La hemicelulosa permaneció relativamente estable, aumentando ligeramente al final de otoño. Las amidas indicaron reorganización estructural de proteínas hacia el final del ciclo, con mayor amida I en otoño y amida II en verano. Se recomienda cortar en etapas tempranas del verano para evitar lignificación excesiva, y extender el crecimiento en otoño hasta fases intermedias. La espectroscopía FTIR se validó como herramienta eficaz para evaluar componentes estructurales y apoyar decisiones agronómicas.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo se realizó con el apoyo de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), a través de la beca con CVU 1012255. Asimismo, se agradece al Instituto Politécnico Nacional por el respaldo proporcionado mediante el proyecto SIP 20250022: 'Rendimiento de gramíneas a diferentes estrategias de defoliación y fertilización orgánico-mineral'.

Referencias bibliográficas

Byrt, C. S., Grof, C. P., & Furbank, R. T. (2011). C4 plants as biofuel feedstocks: Optimising biomass production and feedstock quality from a lignocellulosic perspective. *Journal of Integrative Plant Biology, 53*(2), 120–13. https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2010.01023.x

Casassa-Padrón, A., Portillo, E., & González, C. (2022). FTIR-ATR for the identification of *Psidium guajava* plants infested with *Meloidogyne enterolobii*. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia, 39*(3). e223937, https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/38555

Hernández-Álvarez, U. M., López-Colomba, E., Bollati, G. P., Carloni, E. J., Reutemann, A. G., & Grunberg, K. A. (2024). Effects of leaf and stem maturation on nutritional value in *Megathyrsus maximus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 104*(5), 2937–2946. https://doi.org/10.1002/jsfa.13186

Javier-Astete, R., Jimenez-Davalos, J., & Zolla, G. (2021). Determination of hemicellulose, cellulose, holocellulose and lignin content using FTIR in *Calycophyllum spruceanum* (Benth.) K. Schum. and *Guazuma crinita* Lam. *PLOS ONE, 16*(10). e0256559, https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256559

Vanholme, R., De Meester, B., Ralph, J., & Boerjan, W. (2019). Lignin biosynthesis and its integration into metabolism. *Current Opinion in Biotechnology, 56*, 230–239. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.02.018

BAGAZO DE AGAVE COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PEPINO (*Cucumis sativus*)

Norma Yadira Zacamo-Velázquez[1], Javier Ireta-Moreno[2*], Rubén Alejandro Mata-Pérez[1]

[1]Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Campus Zapotlanejo; [2]Campo experimental centro altos de Jalisco, INIFAP.
*Autor para correspondencia: ireta.javier@inifap.gob.mx

Palabras clave: Bagazo, sustrato, Plántulas

Introducción

El sustrato es el medio en el cual se cultivan plantas en contenedores, estos sustratos permiten el anclaje de las raíces (Cruz *et al*., 2013), otra ventaja en el uso de sustratos para reproducción de plántulas es que permiten minimizar el desarrollo de enfermedades. Los sustratos deben cumplir con ciertas características que permitan el desarrollo adecuado de las plantas; Entre los parámetros físicos se encuentran la porosidad de aire; esta representa la cantidad de aire que se encontrará dentro del contenedor y se relaciona con el tamaño de partícula del sustrato. La porosidad total es el espacio que puede ser ocupado por agua y aire dentro del contenedor. La capacidad de retención de agua; se refiere a la cantidad de agua que se retiene después de ser drenado el sustrato. La densidad aparente representa la masa seca contenida en un cm^3 y la densidad real es el cociente entre la masa de las partículas y el volumen que ocupan. Además de estas características se deben analizar los costos que representa el uso de sustratos para la producción de plántulas de hortalizas en los invernaderos. Estos costos dependen del lugar de procedencia y la disponibilidad de estos en la región productora. Se ha señalado que los sustratos representan el mayor costo de producción en las hortalizas. La producción de agave tequilana weber variedad azul fue de 32 669 Ha, es la materia prima para la producción de tequila (Barrios *et al*., 2024). El proceso de elaboración conlleva varios pasos, desde la cosecha, cocción de la piña, molienda, fermentación, destilación, maduración y envasado. Después de la elaboración del tequila se generan residuos como gases, vinazas y bagazo de agave. Se ha documentado, que para la producción de un litro de agave se requieren 6 kg de piña de agave, y después del proceso se generan 4 kg de bagazo de agave (Delgadillo *et al*., 2025). El bagazo que se produce representa una problemática grave, como problemas sanitarios por el mal manejo de los residuos, vertederos clandestinos, y en consecuencia contaminación ambiental. El objetivo de este trabajo fue evaluar el sustrato de bagazo de agave como sustrato para la producción de plántulas de pepino en invernadero.

Materiales y métodos

El bagazo se obtuvo de una tequilera de la región, se trasladó a las instalaciones del tecnológico superior de Jalisco, campus Zapotlanejo. El bagazo se extendió sobre una superficie de cemento al sol directo para tratarlo por solarización por 10 días, esto para eliminar la humedad y minimizar la presencia de patógenos. Posterior a esto, el bagazo se molió y se pasó por cribas de 0.5 cm, 1 cm, y 2 cm. Para la evaluación se utilizaron sustrato de coco y peat moss como testigos comerciales. Los tratamientos evaluados fueron: T1: Sustrato de agave (1/2 cm), T2: Sustrato de agave (1 cm), T3: Sustrato de agave (2 cm), T4: Coco (50/50), T5: Peat Moss. Se evaluaron las características físicas de los sustratos en el laboratorio de usos multiples del TECMM UA Zapotlanejo, según la metodología de Pire & Pereira. Brevemente, se construyeron porómetros con un tubo PVC de 7.62 cm de diámetro, y 15 cm de longitud. En uno de los extremos se pegó una tapa plástica. En el fondo se hicieron 4 perforaciones que permitieron el drenado de los sustratos. Los sustratos se evaluaron previamente secados y molidos de acuerdo a cada tratamiento. Cada porómetro se llenó con los sustratos hasta que quedaron completamente llenos, se compactaron dejando caer el porómetro sobre una mesa a una altura de 7.5, este movimiento se repitió dos veces. Después de cada caída, se añadió sustrato hasta que alcanzo el borde superior. Cada cilindro llenado con el sustrato se sumergió en un recipiente con agua, y se cuidó que el agua llegara debajo del borde superior del porómetro. Con esto se aseguró que el agua penetrara por la parte inferior (perforaciones) para permitir que el aire saliera por la parte superior. Todos los porómetros se mantuvieron así durante 24 horas para permitir que las muestras se humedecieran de forma homogénea. Al día siguiente cada porómetro se sumergió completamente en el agua por unos minutos, se repitió este proceso dos veces y se mantuvo así por 30 minutos. Pasado este tiempo, se colocaron tapones en cada uno de los orificios y se retiró el porómetro del

agua de forma definitiva. Los cilindros se colocaron de forma vertical y se retiraron los tapones, el agua se recolectó por 10 minutos y se midió el volumen (Va). Después, del drenado se extrajo el sustrato húmedo de los tubos y se midió el peso húmedo de la muestra. Luego de esto, las muestras se colocaron en estufa de secado a 105 °C y se registró su peso seco. Este ensayo se realizó por triplicado, y se realizaron los cálculos de las variables porosidad total (%), porosidad de aireación (%), densidad aparente (Mg/m³) y densidad de partículas (Mg/m³) (Pire & Pereira). Después de la medición de las características físicas del sustrato, se evaluó el desarrollo de las plántulas de pepino en invernadero; para esto se utilizaron semilleros de 200 cavidades, de cada sustrato se llenaron 30 cavidades y se sembró con semillas de pepino variedad Altaira F1, cada semilla se sembró a 1 cm de profundidad. Los sustratos sembrados se mantuvieron húmedos y se mantuvieron a temperatura ambiente hasta su germinación. Se tomaron las variables, diámetro del tallo, altura de la planta, longitud de la raíz, y peso seco de la planta y de la raíz. Además de evaluó la calidad del adobe según la escala descrita por Roldan & Soto., (2005). Los datos obtenidos de las evaluaciones se analizaron con un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento en el programa estadístico SAS, con una probabilidad del 95 %.

Resultados y discusión

Los análisis de varianza de los datos muestran diferencias estadísticamente significativas en las variables porosidad total, porosidad de aireación, capacidad de retención de agua y densidad aparente, en la variable densidad de partícula no se mostraron diferencias entre los tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza de las características físicas de los sustratos

Variable	Media	Desviación estándar	F	Vaor-P
Porosidad total	9.52	0.48	5.15	0.016**
Porosidad de aireación	7.65	2.31	95.94	<0.01**
Capacidad de retención de agua	16.86	2.47	308.43	<0.01**
Densidad aparente	0.08	0.05	25.46	<0.01**
Densidad de partículas	1.89	1.69	0.99	0.45 NS

** altamente significativo NS. No significativo.

En las variables que mostraron diferencias se procedió a realizar la prueba de Tukey. Los resultados muestran a los tratamientos de agave y la fibra de coco para la variable porosidad total y mostraron una mayor porosidad que el sustraton peat moss. En la variable porosidad de aireación los sustratos de agave mostraron los mayores porcentajes comparando con la fibra de coco y el peat moss; el peat moss mostro el menos porcentaje de aireación. En la variable capacidad de retención de agua fue mayor en el peat moss seguido de la fibra de coco y el sustrato de agave de 0.5 cm. Al final, se agruparon los sustratos de 1 y 2 cm. El sustrato de agave de 2 cm mostró la menor capacidad de retención de agua, 4.4 %. En la variable densidad aparente, la media de mayor valor la presentó el peat moss, agrupado con la fibra de coco y el sustrato de 0.5 cm. Y con una menor densidad aparente se agruparon el sustrato de agave de 1 y 2 cm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Grupos homogéneos los tratamientos analizados.

Tratamiento	Porosidad total (%)	Porosidad de aireación (%)	Capacidad de retención de agua (%)	Densidad aparente (Mg/m³)
Agave (1/2 cm)	95.83 a	78.92 a	16.86 c	0.076 b
Agave (1 cm)	93.48 a	89.82 a	6.99 d	0.04 c
Agave (1*2 cm)	87.92 a	84.19 a	4.49 d	0.03 c
Coco (50/50)	94.45 a	46.33 b	48.08 b	0.10 b
Peat Moss	76.44 b	12.25 c	64.08 a	0.17 a

En las variables de las plántulas, los análisis muestran diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, en la variable diámetro del tallo, los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza de los datos de plántulas de pepino

Variable	Media	Desviación estándar	F	Valor-P
Altura	8.49	1.198	34.18	<0.01**
Biomasa	0.65	0.026	12.33	0.0007**
Diámetro del tallo	0.19	0.022	1.94	0.1078 NS
Longitud radicular	14.59	3.185	7.32	<0.01**

De acuerdo a los análisis de varianza, se realizó la prueba de Tukey en las variables que fue pertinente.

Cuadro 4. Prueba de Tukey de las variables medidas en las plántulas de pepino

Tratamiento	Altura (cm)	Biomasa (g)	Longitud radicular (cm)
Agave (1/2 cm)	8.23 C	0.64 b	14.59 bd
Agave (1 cm)	7.53 D	0.57 b	15.31 bd
Agave (1*2 cm)	7.83 Cd	0.45 c	13.01 d
Coco (50/50)	8.68 B	0.61 b	17.31 a
Peat Moss	9.93 A	0.76 a	17.19 a

Las plántulas germinadas en el sustrato comercial peat moss mostraron mayor altura de planta, seguido de las plántulas crecidas en fibra de coco; y los sustratos mostraron una menor altura. Se mostró una mayor biomasa de las plantas en peat moss, seguido de la fibra de coco que se agrupó con el sustrato de agave de partícula de 0.5 y 1 cm (Cuadro 4). La menor biomasa la obtuvo el sustrato de agave de 2 cm. En la variable calidad del adobe el sustrato de agave mostró una mayor calidad con la mayoría de los adobes en la escala 2, el 90 % del adobe salió íntegro. El peat moss obtuvo una menor calidad en comparación con el resto de los tratamientos. Esto es benéfico a la hora del trasplante, ya que evita que las raíces se encuentren expuestas al aire y representa una buena característica, ya que permite una recuperación mayor de las raíces y una fácil extracción de las plántulas del semillero sin dañar la planta.

Conclusiones

Los sustratos de agave son promisorios para la germinación de plántulas en semillero, las características de los sustratos son estadísticamente diferentes al peat moss pero son muy similares a las presentadas por la fibra de coco. Según los resultados, se muestra que el sustrato de agave de 0.5 cm es el tamaño de particular que mostró los mejores resultados, se deben mejorar las variables de porosidad de aireación y capacidad de retención de agua, por lo cual se recomienda hacer mezclas para mejorar estas variables y obtener mejores resultados.

Agradecimientos y Fuente financiadora

Se agradece al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Campus Zapotlanejo y al INIFAP Campo experimental centro altos de Jalisco.

Referencias bibliográficas

Cruz Crespo, E., Can Chulim, A., Sandoval Villa, M., Bulgarin Montoya, R., Robles Bermudez, A., & Juarez Lopez, P. (2013). Sustratos en la horticultura. CONACYT

Barrios, J. M. R., Pérez, E. S., Sotelo, L. L. A., Hernández, J. A., Chaparro, V. M. O., Eguiarte, D. R. G., & Macias, R. R. (2024). Propiedades fisicas y químicas de sustratos formulados con bagazo de agave y corteza de pino sometidos a explosión con vapor. Biotecnia, 26, e2389-e2389.

Delgadillo Ruíz L.; Bañuelos Valenzuela R.; Esparza Ibarra, E. L.; Gutiérrez Bañuelos H.; CABRAL Arellano, F. J.; Muro Reyes, A. (2025) Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, México, ME, n. 11, p. 2099–2103, 2018. DOI: 10.29312/remexca.v0i11.778

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS PATÓGENOS EN SEMILLAS ALMACENADAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

Melissa Anaya-Carrillo[1*], Porfirio Gutierrez-Martinez[1], Surelys Ramos-Bell[1], Estefanía Martínez-Batista[1], Edson Rayón-Díaz[1], Dalia Ramirez-Avila[1]

[1]Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic. Av. Tecnológico # 2595, Col. Lagos del Country. C.P. 63175. Tepic, Nayarit. México. Tel: (311) 211 94 00.
*Autor para correspondencia: medeanayaca@ittepic.edu.mx

Palabras clave: Fitopatógenos, quitosano, sales Gras.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es un alimento básico en México, fundamental en la dieta y con alta relevancia económica y cultural. Sin embargo, durante su almacenamiento, las semillas son vulnerables a hongos fitopatógenos como *Fusarium ssp.*, *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.*, *Alternaria* spp. los cuales afectan su calidad, viabilidad, seguridad alimentaria, además de representar un riesgo para la salud humana por la producción de micotoxinas.

El almacenamiento de semillas de frijol enfrenta problemas debido a la infección de hongos patógenos, lo que afecta su calidad, viabilidad y seguridad para el consumo. El uso convencional de fungicidas químicos ha sido eficaz, pero plantea riesgos a la salud humana, al medio ambiente y favorece la resistencia en patógenos. Ante esta problemática, surge la necesidad de buscar alternativas sustentables, como lo es el quitosano y sales Gras, que han mostrado eficacia en inhibir el crecimiento micelial y la esporulación de hongos. El quitosano, es un biopolímero natural derivado de la quitina, que se encuentra principalmente en el exoesqueleto de crustáceos (como camarones y cangrejos), así como en hongos e insectos. Es biodegradable, no tóxico, biocompatible y es una alternativa ecológica a los agroquímicos sintéticos. Este biopolímero ha demostrado el efecto antifungico en *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger, Penicillium funiculosum, Fusarium verticillioides y otros.*[1]

Las sales Gras (*Generally Recognized As Safe, por sus siglas en inglés*) como Carbonato de sodio, Bicarbonato de sodio, Benzoato de potasio, Sorbato de potasio, son compuestos reconocidos como seguros para el uso en alimentos y agricultura, por organismos como la FDA. Se utilizan como alternativas sostenibles a los fungicidas químicos, debido a su baja toxicidad y eficacia antifúngica. Es deseable que el almacenamiento de la semilla de frijol sea de calidad, y libre de sustancias químicas, aspirando que sea para un mayor periodo mas prolongado de vida de almacenamiento; hasta llegar al destino final. Por lo cual, el objetivo fue, el aislamiento, purificación e identificación taxonómica a nivel de genero de los hongos patógenos presentes en semillas de *Phaseolus vulgaris* L. almacenadas, mediante métodos microbiológicos y morfológicos convencionales.

Material y métodos

En esta etapa se realizó un muestreo de semillas de frijol de la variedad negro Jamapa cosechado en el municipio de San Blas, Nayarit; se colocaron 5 semillas de frijol en agar papa dextrosa (APD) agregando 1μg de cloranfenicol agitando durante 1 min, se incubaron a 25 ºC por un periodo de 72 hrs; bajo condiciones estériles. Una vez detectada la presencia de micelio, se procedió a realizar la purificación a partir de las colonias que se presentaron en la periferia de las semillas para obtener un solo tipo de morfología por placa, para lo cual se tomaron secciones de agar con micelio y se colocaron en el centro de placas con medio PDA. Se incubaron a 25±2 °C durante 3-5 días, hasta la observación de las colonias con características homogéneas. La identificación del hongo se basó en el análisis macroscópico de la colonia y en sus características microscópicas[2]. Algunas características macroscópicas como la forma de la colonia, el color de la superficie y la textura resultaron útiles para la identificación. La identificación definitiva se basó en la morfología microscópica del hongo, analizando micelio y esporas; los aislamientos se observaron con un microscopio óptico; utilizando los objetivos 40X y 100X (Motic BA 300, Canadá), ubicando las estructuras reproductoras, conidios, observando sus características externas y con la ayuda de claves dicotómicas se determinó el género.

Resultados y discusión

Una vez aislados los patógenos de las semillas, se obtuvieron diferentes tipos:

Se observaron colonias con un crecimiento micelial y de acuerdo a claves taxonómicas se ubicó uno de los hongos al género *Aspergillus* spp., se detectó abundante micelio superficial, blanco y una capa negra que cubría la superficie de la placa Petri. Los conidióforos presentaron cabezas conidiales globosas, estipes marrones, sin septos, y vesículas esféricas portadoras de metulas y fiálides compactadas en la superficie, sus conidios fueron marrones globosos con crestas irregulares (Figura 1)[1].



Figura 1. Crecimiento micelial *in vitro* de *Aspergillus* spp. a los 4 días de incubación a 25 ºC (A). Conidios observados al microscopio con el objetivo 40X (B), esporas observadas al microscopio con el objetivo 100X (C).

Se observaron colonias con un crecimiento característico de *Alternaria* spp., de color grisáceo, marrón negruzco o negro. El micelio es parcialmente superficial o sumergido; las hifas fueron de totalidad marrón oliváceas u oliváceas y presentaron septos tanto transversales como longitudinales, lo que los clasifica como *dictioconidios* (Figura 2)[3].

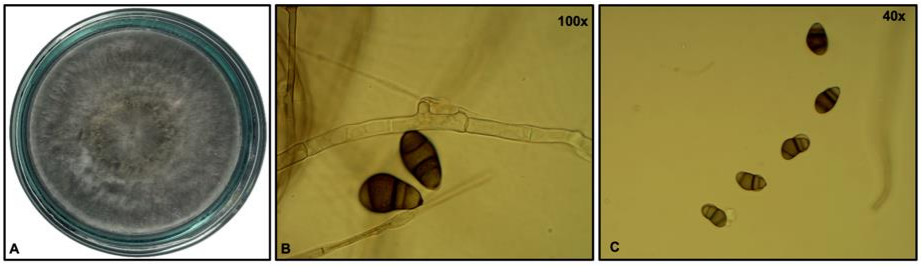


Figura 2. Crecimiento micelial *in vitro* de *Alternaria* spp., a los 7 días de incubación a 25 ºC (A). Hifas observadas al microscopio con el objetivo 100X (B), y el objetivo 40X (C).

Se observaron colonias con un crecimiento característico de *Fusarium* spp., el color de la colonia blanquecino, crema, anaranjado. El micelio aéreo abundante y de aspecto flocoso o algodonoso. conidios llamados macroconidios y microconidios de acuerdo con sus respectivos tamaños que se forman a partir de fiálides, sus macroconidios son largos y curvos, multiseptados, en forma de luna creciente o de canoa, hialinos. La célula apical fue alargada y la basal tiene forma de pie, se forman en sucesión basípetala a partir de las monofiálides, generalmente se originan de conidióforos dispuestos en esporodoquios, que pueden tener monofiálides o polifiálides (Figura 3)[4].

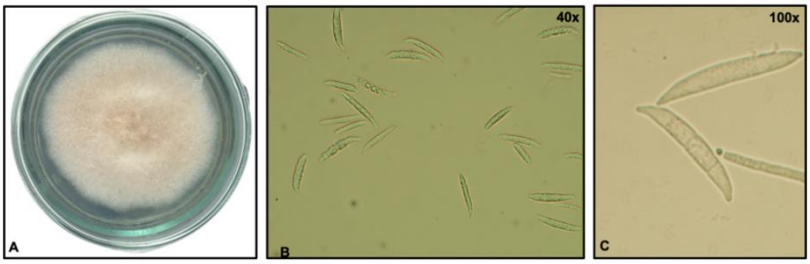


Figura 3. Crecimiento micelial *in vitro* de *Fusarium* spp., a los 7 días de incubación a 25 ºC (A). Conidios observados al microscopio con el objetivo 40X (B), y el objetivo 100X (C).

Se observaron colonias con un crecimiento característico de *Penicillium* spp., el color de la colonia casi circulares; márgenes estrechos, enteros; micelios blancos; textura flocosa; esporulación densa; conidios *en masa* verde grisáceo; pigmentos solubles ausentes; exudados ausentes; reverso marrón claro. **Hifas**: Filamentosas, septadas, hialinas y ramificadas. **Conidióforos**: Estructuras erectas, lisas, que se ramifican en patrones biverticilados o terverticilados, formando estructuras en forma de pincel (Figura 4)[5].

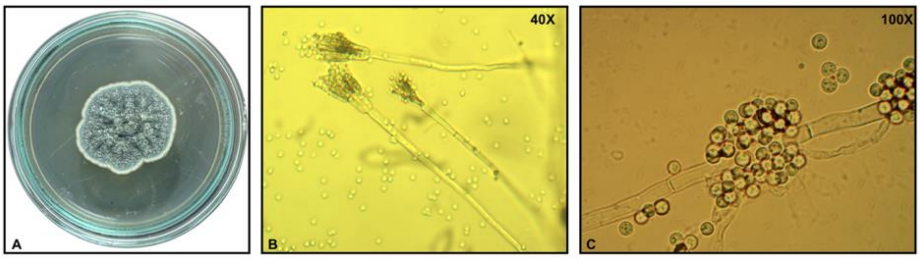


Figura 4. Crecimiento micelial *in vitro* de *Penicillium* spp., a los 8 días de incubación a 25 ºC (A). Hifas observadas al microscopio con el objetivo 40X (B), esporas con el objetivo 100X (C).

Conclusiones

Los hongos fitopatógenos presentes en semillas de frijol almacenadas, representan una amenaza significativa para la viabilidad, germinación y calidad del grano, afectando directamente la seguridad alimentaria y generando pérdidas postcosecha. La identificación preliminar de géneros como *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp. y Alternaria spp.* mediante pruebas macro y microscópicas de los diferentes hongos patógenos, indicaron la necesidad urgente de generar alternativas de control no contaminantes, efectivas y sostenibles. Se plantea el uso de bioprotectores como el quitosano y sales Gras; los cuales tienen una capacidad antifúngica favorable, que se debe seguir estudiando con el fin de que puedan utilizarse como una alternativa al uso de fungicidas sintenticos para el control de hongos patógenos causales de las pérdidas de semillas de frijol en almacenamiento.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece el apoyo brindado por parte de Secihti a la alumna IBQ. Melissa del Carmen Anaya Carrillo.

Referencias bibliográficas

Martínez-Batista, E., González-Arias, C. A., Velázquez-Estrada, R. M., Herrera-González, J. A., & Gutiérrez-Martínez, P. (2024). In vitro and in vivo antifungal activity of chitosan and identification of potentially toxigenic fungi in stored maize of Nayarit, Mexico. Revista Mexicana de Ingeniera Quimica, 23(2). https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio24223

Barnett, H. L. y Hunter, B. B. 2005. Illustrated genera of Imperfect Fungi. APS Press, St. Paul, Minnesota.

Fabrega, A., Agut, M., & Calvo, M. A. (2002, November). El género Alternaria: características morfológicas y capacidad de producción de micotoxinas. In Anales de la Real Academia de Doctores (Vol. 6, pp. 357-367).

Morales-Valle H. Mohos productores de micotoxinas. En: Ramos AJ. Las micotoxinas y su efecto en la salud animal y humana. Madrid: A. Madrid Vicente Ediciones, 2011. 19-44.

Song, H., Ding, Y.-J., Zhuang, W.-Y., Ding, G.-Z. y Wang, X.-C. (2024). Tres nuevas especies de Penicillium del este y noreste de China. *Journal of Fungi*, *10* (5), 342. https://doi.org/10.3390/jof10050342

SECCIÓN 5
Recursos genéticos y mejoramiento



“RIQUEZA Y COLORES” */ Marianguadalupe Hernández Arenas*

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y ESTABILIDAD EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO DE SAN LUIS POTOSÍ

Ana Laura Ramírez-Cordoba[1], Pablo Delgado-Sánchez[1], Jesús Martínez-Sánchez[2*], María de la Luz Guerrero-González[1]

[1]Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria, [2]Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP.
*Autor para correspondencia: martinez.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz nativo, estabilidad, componentes del rendimiento.

Introducción

En México la agricultura surgió con la domesticación del maíz hace más de 10 mil años volviéndose parte fundamental debido a su importancia alimenticia, social y cultural. La diversidad del maíz que el país tiene es amplia, está compuesta por 59 razas y cientos de miles de variedades que han sido resguardadas, recreadas, conservadas y usadas principalmente por comunidades campesinas. Las poblaciones nativas han sido preservadas a través de numerosas generaciones, coexistiendo con microorganismos benéficos y patógenos en condiciones microecológicas específicas, factores que han favorecido la preservación de la diversidad genética del cultivo, además, ha permitido el desarrollo de características que ayudan a las plantas a tener tolerancia a factores bióticos y abióticos. Estas interacciones actúan sobre la semilla y la planta modificando el genotipo (Martínez-Sánchez *et al*., 2017). Por lo anterior, el presente trabajo consistió en evaluar el comportamiento morfológico y estabilidad de poblaciones de maíz nativo originarias del estado de San Luis Potosí en ambientes contrastantes.

Materiales y métodos

Las parcelas experimentales fueron establecidas durante el ciclo P-V 2021, en la zona Centro se estableció en la localidad de Soledad de Graciano Sánchez en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (FAyV), a una altura de 1835 msnm, coordenadas geográficas 22°13'48'' Lat N, -100°81'22'' Lat O, con promedios de temperatura media anual y precipitaciones de 17 °C y 238 mm, respectivamente. Mientras que en la zona Altiplano se estableció en la localidad de Los Cerritos (LC) municipio de Ahualulco, a una altura de 2023 msnm, coordenadas geográficas 22°38'00' Lat N, -101°13',33'' Lat O, con promedios de temperatura media anual y precipitación de 19 °C y 375 mm. Respecto al material genético, se utilizaron 55 poblaciones de maíces nativos proporcionadas por el CIMMYT, 46 poblaciones originarias del estado de San Luis Potosí y 9 poblaciones de otros estados. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones por localidad. La unidad experimental consistió en dos surcos de 5.0 m de longitud y 0.8 m de ancho, con una población final de 44 plantas, que corresponden a una densidad de 50 000 plantas/ha. El manejo agronómico en ambas localidades fue el recomendado por el INIFAP. Se midieron los días a floración masculina y femenina, alturas de planta y mazorca, rendimiento de grano y componentes del rendimiento. Los datos se analizaron mediante un ANOVA y la prueba de medias de Tukey, mientras que la interacción genotipo x ambiente y la estabilidad se interpretaron con el modelo SREG y las gráficas GGE biplot. Se utilizaron los programas estadísticos SAS y GEA-R.

Resultados y discusión

Los caracteres morfológicos se evaluaron con los datos de la localidad de Los Cerritos. En los análisis de varianza se detectaron diferencias estadísticas significativas para todas las variables ($P<0.01$) en los efectos de genotipo. Los días a floración masculina y femenina oscilaron entre los 128 a 86 días y 130 a 90 días, respectivamente. En muchas localidades donde se realizan siembras a temporal con poblaciones nativas de maíz procuran conservar maíces con diferencias en la floración con el fin de tener opciones de siembra. Las poblaciones 426, 2304 y 21343 presentaron sincronía floral, a 99, 98 y 90 DDS respectivamente, la sincronía floral es deseable debido a que asegura la fecundación y la formación de grano. La altura de planta y de mazorca se encontró entre 274 a 160 y 144.5 a 60.5 cm, las poblaciones con porte muy altos se asocian a problemas de acame, pero son deseadas para producción de forraje, por otro lado, las poblaciones con porte bajo podrían ser una opción para enfrentar los ambientes con problemas de estrés por sequía debido a que su requerimiento hídrico sería menor para su desarrollo (Martínez-Sánchez *et al*., 2017). En cuanto a los componentes de rendimiento se encontraron mazorcas

con longitud de 19.2 a 10.9 cm, el diámetro de mazorca fue de 4.65 a 3.32 cm, los números de hileras por mazorca fueron de 16 a 8 hileras, de 43 a 25 granos por hilera y de 509 a 252 granos por mazorca, conocer estos rasgos es importante debido al efecto que tienen sobre el rendimiento de grano.

En el rendimiento de grano, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (P<0.01) entre los ambientes de evaluación (FAyV y Los Cerritos), las poblaciones (genotipos) y para la interacción ambientes x genotipos, lo que indica que hay diversidad en genética entre las 55 poblaciones y variación en los dos ambientes de evaluación. Para las poblaciones de maíz nativo bajo evaluación el rendimiento de grano osciló entre 0.9 y 3.5 t ha^{-1}. Por otra parte, se registraron diferencias estadísticas entre los rendimientos promedio de localidades, para la localidad de FAyV el rendimiento promedio fue de 1.5 t ha^{-1} mientras que para Los Cerritos fue de 2.73 t ha^{-1}, siendo esta última la localidad con la mejor respuesta en rendimiento. La población con mejor comportamiento en la localidad de FAyV fue 423 con 3.15 t ha^{-1} y para Los Cerritos fue 23677 con 5.11 t ha^{-1}, ambas con origen en la zona media. Para la variable de rendimiento en la interacción genotipo x ambiente en la prueba de Gollob se observó que el componente principal 1 (CP1) explicó 68.77% de la variación mientras que el componente 2 (CP2) explicó el 31.23%, lo que nos permite una interpretación confiable de la interacción, ya que la suma de los valores está por arriba del 75% (Lozano-Ramírez *et al*., 2015). El CP1 se encuentra relacionado con el genotipo y representa la parte del rendimiento que es afectada por las características del genotipo, mientras que el CP2 expresa la parte del rendimiento de grano que se debe a la interacción genotipo por ambiente.

Las características de un genotipo ideal son tener un rendimiento arriba del promedio y una alta estabilidad, a pesar de que el genotipo ideal no existe nos ayuda a referenciar para evaluar un conjunto de poblaciones. La representación en la Figura 1 del genotipo ideal se representa con un punto absolutamente estable y los círculos concéntricos con el genotipo ideal en el centro nos permite visualizar la distancia que hay entre las poblaciones y el ideal (Frutos *et al*., 2014). Las tres poblaciones que se visualizan más cercanas al ideal son 5, 665 y 438 que se identifican con estabilidad y rendimientos por arriba del promedio general (3.0, 2.9 y 3.0 t ha^{-1}), estas poblaciones tienen características de las razas Tuxpeño y Celaya, Martínez-Sánchez *et al*. (2016) mencionan que estas razas se destacan por su capacidad de adaptabilidad y alto rendimiento lo que ha llevado a que este tipo de materiales sean la base para el mejoramiento genético.

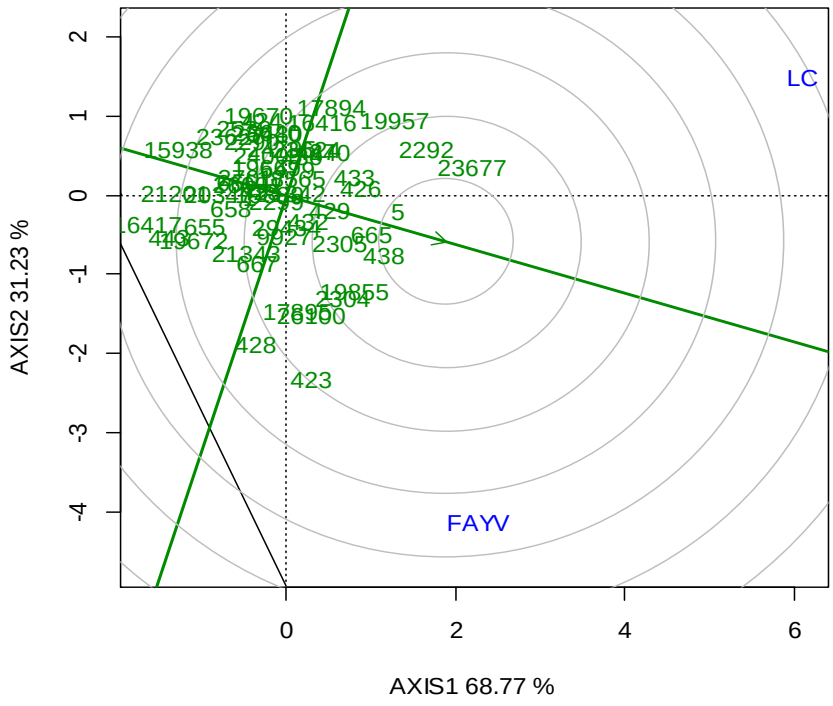


Figura 1. Grafica GGE Biplot (SREG) rendimiento medio y estabilidad de los genotipos para las 55 poblaciones de maíces nativos evaluados en dos ambientes.

Conclusiones

Se encontró que existe diferencias entre las características morfológicas de las 55 poblaciones, lo que puede ser utilizado para dirigir mejoramientos con distintos fines tal es el caso de las poblaciones con porte alto para producción de forraje, la sincronía floral como una estrategia para mitigar el daño por estrés modificando las fechas de siembra, también es importante aprovechar las diferencias encontradas en los componentes de rendimiento para aumentar el mismo. Gracias al modelo SREG se identificaron 3 poblaciones con rendimientos por arriba del promedio y estabilidad 5, 665 y 438, las cuales se proponen para continuar con los estudios de interacción genotipo x ambiente aumentado el número de ambientes al que sean sometidos y aumentar las variables fisiológicas para comprender el desarrollo del cultivo bajo diferentes condiciones edafoclimáticas.

Agradecimientos
A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y al CONAHCYT por financiar los estudios de maestría de Ana Laura Ramírez Córdoba.

Referencias bibliográficas

Frutos E., M.P. Galindo and V. Leiva. 2014. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. Stoch Environ Res Risk Assess. 28:1629-1641.

Lozano-Ramírez Á., A. Santacruz-Varela, F. San-Vicente-García, J. Crossa, J. Burgueño y J. D. Molina-Galán. 2015. Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. Revista Fitotecnia Mexicana. 38: 337-347.

Martínez-Sánchez J., N. Espinosa P. y Y. Villegas A. 2016. Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. Revista Mexicana de Agroecosistemas. 3: 38-46.

Martínez-Sánchez J., N. Espinoza-Paz y P. Cadena-Iñiguez. 2017. Caracterización morfológica de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) en Chiapas, México. Revista Agroproductividad. 10: 26-33.

DESCRIPCIÓN DE TRES VARIEDADES MEJORADAS DE AJONJOLÍ: IGUALTECO, SAN JOAQUÍN Y ZIRÁNDARO

Romualdo Vásquez-Ortiz[1]*, Rocío Toledo-Aguilar[1], Leticia Tavitas-Fuentes[2], César del Ángel Hernández-Galeno[1] y Jesús Martínez-Sánchez[3]

[1]CIRPAS Campo Experimental Iguala, INIFAP; [2]CIRPAS Campo Experimental Zacatepec, INIFAP; [3]CIRPAS Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP.
*Autor para correspondencia: vazquez.romualdo@inifap.gob.mx

Palabras clave: caracterización, datos cualitativos, componentes principales.

Introducción

La caracterización morfológica de recursos fitogenéticos es la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas (Hernández-Villarreal, 2013). Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en cualquier ambiente. Bhoot *et al*. (2019) señalan que la identificación de genotipos se basa en características morfológicas de semilla y planta como el método más utilizado. De acuerdo con la guía técnica para la descripción varietal de la UPOV (2013), cualquier característica nueva utilizada en la caracterización varietal debe estar claramente definida, aceptada y sustentada por un método estándar de observación, no afectada por el ambiente y accesible para los obtentores. Por ello, los caracteres de la planta y semilla deben estudiarse y documentarse minuciosamente. En 1998 en el estado de Guerrero se liberaron las variedades Igualteco, San Joaquín y Zirándaro; estos genotipos presentan semilla color blanco y rendimiento promedio de 1000 kg ha^{-1}. Aunque en Guerrero el ajonjolí no se siembra bajo condiciones de riego, la variedad San Joaquín ha mostrado rendimiento superior en este periodo, en relación con lo obtenido bajo condiciones de temporal, con incrementos de 300 kg ha^{-1}, por lo que puede ser una alternativa para rotación de cultivos en áreas de riego. Además, el ajonjolí posee un sistema radical abundante y superficial que permite cultivarse en suelos de lomerío y delgados. Las tres variedades presentan registro de inscripción AJN-002-170205, AJN-005-170205 y AJN-008-170205 en el CNVV (2025). Sin embargo, existen caracteres que no fueron descritos o no se cuenta información de estas variedades. Por tal motivo, se planteó como objetivo complementar la descripción varietal de las variedades mejoradas: Igualteco, San Joaquín y Zirándaro

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en dos localidades de Guerrero, en el ciclo primavera-verano 2021-2022. El primer sitio fue el Campo Experimental Iguala del INIFAP y la segunda localidad fue Zicapa, municipio de Copalillo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental (12 m^2) fueron tres surcos de 5 m de largo y 0.80 m de separación, 0.50 m de distancia entre matas. Los datos se tomaron en cinco plantas en competencia completa del surco central en cada repetición, se registraron 18 descriptores cualitativos mediante las directrices para ajonjolí (UPOV, 2013). Se calculó la moda en cada carácter y posteriormente, se efectuó el análisis de correspondencia, del cual permitió explorar relaciones entre variables cualitativas. Además, se resumió y visualizó los datos en gráfico de dos componentes. Se utilizó el software estadístico RStudio versión 4.2.2.

Resultados y discusión

El análisis de 18 descriptores cualitativos mostró que, los dos primeros componentes principales representaron el 100 % de la variación total, donde la CP1 presentó el 63.7 y la CP2 el 36.3 %. Con base en las coordenadas principales se muestran los descriptores y su relación con las tres variedades (Figura 1). La variedad San Joaquín es descrita principalmente en la CP1 y se caracteriza por presentar más de una flor por axila (NFA) y alta relación longitud anchura del limbo (RLA); Zirándaro se ubica en la CP2 y difiere por presentar fuerte pubescencia en la corola (PC), cápsula (PCA) y ausencia de nectarios en el tallo floral (NEC). Sin embargo, la variedad Igualteco se encuentra ligeramente dentro de la CP2 y sobresale por tener fuerte grado de lobulado del limbo (GL), presenta muy alto número de ramas (NR), que se posicionan a lo largo del tallo (PR). Los descriptores opuestos a cada variedad indican baja relación o ausencia de dicho carácter. Por ejemplo, la variedad Igualteco se caracteriza por presentar corola color blanco y la cápsula de color verde a la madurez.

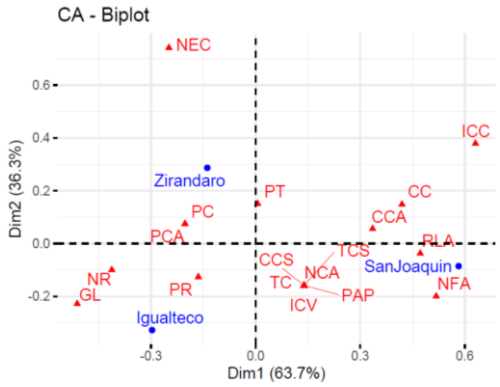


Figura 1. Varianza de los primeros dos componentes principales obtenidos del análisis de 18 rasgos cualitativos de las tres variedades de ajonjolí.

La descripción varietal permitió conocer los caracteres GL, RLA, PAP y NEC de las tres variedades; el NR y la PR en la variedad Zirándaro. No se presentaron cambios en PR y NR en la variedad Igualteco y San Joaquín. Pero si hubo cambios en los caracteres TC, PT e ICV para las tres variedades (Cuadro 1).
Se encontró diferencias en el NFA en la variedad Zirándaro, en CC para la variedad San Joaquín y Zirándaro, y PC para la variedad Igualteco (Cuadro 2).

Cuadro 1. Comparación de descriptores cualitativos en caracteres de la planta requeridos en el manual de la UPOV (2013) para Sésamo.

Variedad	TC		PR		NR		PT		GL	
	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual
Igualteco	Determinado	Indeterminado	A lo largo del tallo	A lo largo del tallo	Muy alto	Muy alto	Escasa	Media	Sin dato	Fuerte
San Joaquín	Determinado	Indeterminado	Basal	Basal	Ninguna o muy pocas	Ninguna o muy pocas	Intermedia	Ausente o débil	Sin dato	Ausente o muy débil
Zirándaro	Determinado	Indeterminado	Sin dato	A lo largo del tallo	Sin dato	Muy alto	Abundante	Ausente o débil	Sin dato	Muy fuerte

TC: tipo de crecimiento; PR: posición de las ramas; NR: número de ramas; PT: pubescencia del tallo y GL: grado de lobulado del limbo.

Continúa Cuadro 1…

Variedad	RLA		ICV		PAP		NEC	
	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual
Igualteco	Sin dato	Media	Normal	Medio	Sin dato	Ausente o débil	Sin dato	Presentes
San Joaquín	Sin dato	Alta	Fuerte	Medio	Sin dato	Ausente o débil	Sin dato	Ausentes
Zirándaro	Sin dato	Baja	Amarillento	Medio	Sin dato	Ausente o débil	Sin dato	Ausentes

RLA: relación longitud anchura del limbo; ICV: intensidad del color verde del limbo; PAP: pigmentación antocianínica del peciolo y NEC: desarrollo de nectarios en el tallo floral.

La descripción varietal permitió conocer los caracteres CCA y TCS. Se encontró diferencias en PCA para la variedad Igualteco. Pero sin cambios en el CCS y NCA para las tres variedades (Cuadro 3).
Tavitas *et al.* (2021) con descriptores del Instituto Internacional de Recursos Genéticos Vegetales "IPGRI" del año 2004 indicaron que, la variedad San Joaquín no presenta ramificación, mientras que Igualteco y Zirándaro si tienen ramas, las tres variedades tienen corola color lila; la variedad San Joaquín tiene semilla de color blanco, y Zirándaro e Igualteco crema. La diferencia observada en NFA, CC, PC y PCA se debe posiblemente a la variación de escala y descriptor. Sin embargo, Vera *et al*. (2000) atribuyen los cambios a las frecuencias génicas de la población, presuponiendo de esa manera cierto sesgo en el mantenimiento

de la pureza e identidad varietal. Por lo tanto, las características morfológicas de los genotipos han sido un componente importante en la identificación de variedades, debido a que no es posible identificar variedades usando un solo parámetro. Por tal motivo, se debe realizar una descripción morfológica detallada de plantas y semillas para su correcta identificación (Bhoot *et al*., 2019).

Cuadro 2. Comparación de descriptores cualitativos en caracteres de la flor requeridos en el manual de la UPOV (2013) para Sésamo.

Variedad	NFA		CC		ICC		PC	
	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual
Igualteco	Una	Una	Blanco	Blanco	No aplica	No aplica	Escaso	Media
San Joaquín	Tres a cinco	Más de una	Blanco-púrpura	Rosa	Sin dato	claro	Escaso	Débil
Zirándaro	Una a tres	Una	Blanco-púrpura	Rosa	Sin dato	Claro	Abundante	Fuerte

NFA: número de flores por axila foliar; CC: color principal de la corola; ICC: intensidad del color rosa en la cara exterior de la corola y PC: pubescencia de la corola.

Cuadro 3. Comparación de descriptores cualitativos en caracteres de la cápsula y semilla requeridos en el manual de la UPOV (2013) para Sésamo.

Variedad	CCA		PCA		NCA		CCS		TCS	
	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual	Origen	Actual
Igualteco	Sin dato	Verde	Glabra	Media	Dos	Dos	Blanco	Blanco	Sin dato	Suave
San Joaquín	Sin dato	Amarillo	Dispersa	Débil	Dos	Dos	Blanco	Blanco	Sin dato	Suave
Zirándaro	Sin dato	Amarillo	Muy pubescente	Fuerte	Dos	Dos	Blanco	Blanco	Sin dato	Suave

CCA: color de la cápsula a la madurez; PCA: pubescencia de la cápsula; NCA: número de carpelos; CCS: color de la cubierta de la semilla y TCS: textura de la cubierta de la semilla.

Conclusiones

El análisis de correspondencia discriminó los caracteres cualitativos de mayor importancia en la caracterización de las variedades mejoradas. La descripción varietal sirvió para complementar la información de la planta, flor, cápsula y semilla de las variedades de ajonjolí Igualteco, Zirándaro y San Joaquín. Sin embargo, se presentó ligera variación en cuatro caracteres comparado con la información registrada para las variedades.

Referencias bibliográficas

Bhoot, H. V., Sharma, L. K., Kulkarni, G. U., Ravat, U. and Rathva, S. (2019). Characterization of sesame genotypes through morphological characters. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 8(3): 3132-3138.

Hernández-Villarreal, A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Revista Bio Ciencias. 2(3): 113-118.

UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). (2013). Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad para sésamo. Código UPOV: sesam_ind. *Sesamum indicum* L. TG/292/1. Ginebra. 25 p.

Tavitas, F. L., Hernández, A. L., Pérez, M. C., Vásquez, O. R. (2021). Banco de germoplasma de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) del INIFAP. Folleto Técnico número 117. SADER-INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos. 42 p.

Vera, C. J., Estrada, G. J. A., Carballo, C. A., Castillo, G. F. (2000). Mantenimiento de la identidad y descripción de la variedad de maíz: CP-V-20. Revista Fitotecnia Mexicana 23:251-264.

CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA Y SU RELACIÓN CON LA PRODUCTIVIDAD DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)

Jaime Neftalí Márquez-Godoy[1*], Milagros Ramírez Soto[1], Carlos Iván Cota Barreras[1], Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez[1], José Guadalupe Pérez Álvarez[2], Jorge Alberto Acosta-Gallegos[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán, C. P: 80398 Culiacán, Sinaloa, México; [2]Veterinaria Educación Profesional (VEP), Av. Teófilo Borunda 2905, Col. Santo Niño, C. P. 31200 Chihuahua, Chihuahua, México; [3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío C. P. 38000, Celaya, Guanajuato, México.
*Autor para correspondencia: marquez.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: Morfología estomática, anatomía foliar, fisiología vegetal, rendimiento de cultivos.

Introducción

El garbanzo (*Cicer arietinum*) es un cultivo de importancia económica en el Noroeste de México, y su producción juega un papel crucial en la economía regional. En 2024 los principales productores de garbanzo fueron Sinaloa (97,289.25 t), Michoacán (9,466.50 t) y Sonora (8,541.95 t), cultivando aproximadamente 116,760 ha y dando un promedio de 2,13 kg ha^{-1}. Dentro de las variedades más utilizadas se encuentra Blanco Sinaloa 92, Combo 743 y Sinalomex 2018, liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Estas variedades han demostrado ser importantes en regiones tropicales, donde las condiciones adversas, como la sequía y las altas temperaturas, limitan la producción agrícola (Gaur *et al*., 2019). En este sentido, es crucial entender los mecanismos fisiológicos que permiten a la planta adaptarse a estas condiciones.

Los estomas son pequeños poros ubicados en la epidermis de las hojas de las plantas, los cuales cumplen la función de regular el intercambio de gases entre la atmosfera y la planta. A través de estos poros, las plantas controlan el proceso de la fotosíntesis y la perdida de agua por transpiración (Naeem *et al*., 2019). La caracterización estomática, que incluye aspectos como densidad, distribución y tamaño de estomas, es clave para comprender como las plantas gestionan el uso de agua y, además, obtener mayor rendimiento productivo (Lawson *et al*., 2014).

En el caso del garbanzo, una especie adaptada a condiciones de baja disponibilidad hídrica, a la fecha escasea la información detallada de sus características estomáticas y como estas pueden proporcionar información valiosa sobre su eficiencia en el uso de agua y su capacidad de adaptarse y producir grano en entornos desafiantes. Asimismo, la variabilidad en la densidad y tamaño de los estomas puede ser significativa entre diferentes variedades de garbanzo, lo que sugiere que ciertas variedades podrían estar mejor adaptadas a las condiciones de sequía y altas temperaturas.

Objetivo

El objetivo del presente estudio fue caracterizar la distribución y densidad de estomas, así como evaluar su efecto en el rendimiento de grano de tres variedades de garbanzo blanco utilizadas en el trópico seco del estado de Sinaloa.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cambo en el Campo Experimental Valle de Culiacán, perteneciente al INIFAP ubicado en 24°38’00.4’’N/107°26’17.2’’O. El clima se describe como seco y semiseco, la precipitación es muy variable con valores de 500 a 800 mm anuales, con una temperatura media anual de 25° C y una altitud que ronda los 23 m.

Para el diseño experimenta se realizo a través de bloques completamente al azar, el campo experimental se dividio en tres parcelas, a las que se asignaron aleatoriamente las tres variedades de garbanzo. El experimento completo abarcó un área de 53 x 63 m para las tres variedades. Durante todo el experimento, no se administro riego a las variedades de garbanzo. La fertilización se aplicó a los tres días antes de la siembra con una mezcla física de 57-52-00 (N-P-K: fosfato monoamónico equivalente a 300 kg ha^{-1} y urea 100 kg ha^{-1}) durante el ciclo del garbanzo.

Para la caracterización estomática las variables evaluadas fueron: densidad estomática (NE), número de células epidérmicas (NC), índice estomático (IE) por milímetro cuadrado (mm^2) y área estomática (AE) en

micrómetros cuadrados (μm^2). Estas variables se midieron en 100 plantas de tres variedades (Blanco Sinaloa 92, Combo 743 y Sinalomex 2018) de garbanzo. El método consistió en colocar una gota de pegamento instantáneo Kola Loka® (Kola Loka SA de CV, México) en un portaobjetos. Posteriormente, se presionó la hoja sobre la gota durante 30 segundos con ayuda de un borrador de goma, y luego se despegó del portaobjetos. Este procedimiento se llevó a cabo tanto en la superficie del haz (adaxial) como el envés (abaxial). Las muestras se examinaron en un microscopio electrónico con aumento de 40x y se capturaron cinco Cuadros ópticos con ayuda del software Zen 2 core. Este procedimiento permitió obtener datos detallados sobre la estructura y densidad de las células y estomas en ambas caras de la hoja. Por otra parte, de las plantas evaluadas se coloco el grano en bolsas de papel para determinar su rendimiento de grano (REN1) en kg m^{-2}. El tamaño del grano (CAL) se determinó como el número de granos en 30 g. Finalmente, el rendimiento de grano de exportación (EXP) se obtuvo pesando 100 g de grano de cada muestra por un tamiz de 9 mm de diámetro.
Los datos se analizaron las relaciones entre las variables estomáticas (DE, NC, NT, AE y IE) y productivas (REN1, CAL, EXP) en tres variedades de garbanzo mediante un análisis de correlación de Pearson, posteriormente se realizó un análisis de componentes principales (PCA) y análisis clúster, utilizando el software R (V.4.4.2).

Resultados y discusión

El análisis de correlación (r) entre las variables estomáticas (DE, NC, NT, AE) y productivas (REN1, CAL, EXP) en las hojas del haz y envés de las variedades de garbanzo se presentan en el Cuadro 1. En el haz, se identificó una relación negativa (r = -0.65) significativa entre NT y AE, similar a lo observado en el envés (r = -0.73). Además, en el haz se observó una r negativo y significativo entre NT y REN1 (r = -0.54), indicando que mayor cantidad de tricomas podría estar asociada con un menor rendimiento de grano.

Cuadro 1. Matriz de Coeficientes de Correlación de Pearson (r) entre las variables analizadas en las tres variedades de Garbanzo (Combo 743, Sinalomex 2018 y Blanco Sinaloa 92).

Variable	DE	NC	NT	AE	REN1	CAL	EXP
DE	-	-0.11	-0.08	0.12	-0.40	0.31	-0.39
NC	0.54*	-	-0.16	0.09	-0.23	0.09	0.01
NT	-0.34	0.27	-	-0.65**	-0.59**	0.15	0.64**
AE	0.36	-0.16	-0.73**	-	0.56*	0.19	-0.46
REN1	-0.03	-0.25	-0.47	0.60**	-	-0.45	-0.21
CAL	0.51*	0.50*	-0.14	0.08	-0.45	-	-0.01
EXP	0.23	0.48	0.39	-0.56*	-0.21	-0.01	-

DE = Densidad Estomática; NC = Número de Células; NT = Número de Tricomas; AE = Área Estomática; REN1 = Rendimiento; CAL = Calibre; EXP = Exportación. Coeficientes de correlación Pearson (r) de la hoja inferior (envés) debajo de la diagonal; Coeficientes de correlación Pearson (r) de la hoja superior (haz) arriba de la diagonal. **Correlaciones diferentes de cero (P < 0.05). *Correlaciones diferentes de cero (P < 0.10).

El agrupamiento jerárquico estimado con el análisis clúster (C) mediante el método de Ward, integro dos grupos a las variedades de garbanzo en ambas partes de la hoja, en base a los criterios CCC (-1.0722), Pesudo T^2 (1.6987) y Gap Statistc (-1.0859; Figura 1). Este nivel de agrupamiento controló el 74% de la varianza total estimada de acuerdo al coeficiente de determinación (R^2 = 0.74). La variedad Sinalomez 2018 destacó al agruparse en C2 (envés) y C1 (haz), evidenciando su diferencia respecto a Blanco Sinaloa 92 y Combo 743. En envés, Sinalomex 2018 presentó mayores valores de NT, AE y REN1, mientras que en haz mostró superioridad en NT y EXP. Estas características sugieren su potencial comercial y capacidad fotosintética optimizada.

Conclusiones

Los resultados de este estudio revelaron respuestas diferentes entre las tres variedades de garbanzo. La variedad Sinalomex 2018 presentó características estomáticas de menor tamaño, lo que lo vuelve un candidato más adaptado para regiones propensas a sequía y altas temperaturas, características atribuidas a mejor eficiencia en el uso del agua. Por lo tanto, las investigaciones futuras deberían incluir estudios

detalladas de la eficiencia fotosintética, lo que permite evaluar de manera más precisa su capacidad de adaptación y rendimiento bajo condiciones desafiantes.

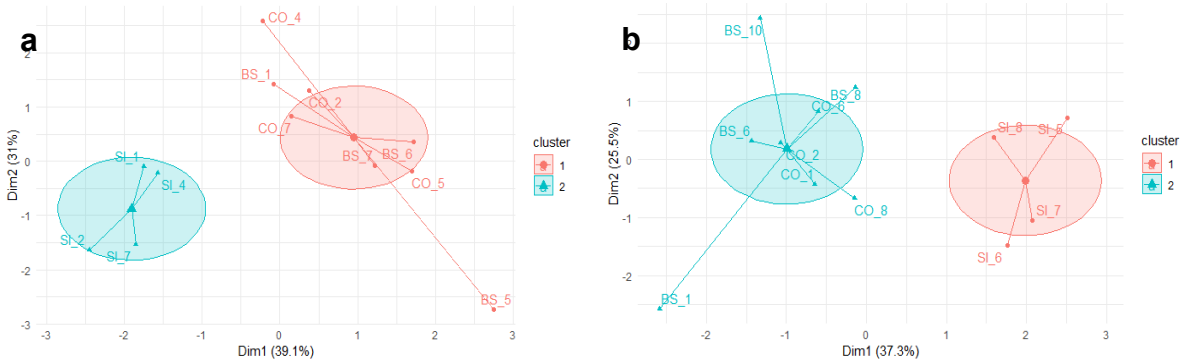


Figura 1. Agrupamiento y clasificación de las variedades de garbanzo (CO = Combo 743; SI = Sinalomex 2018; BS = Blanco Sinaloa 92) para la hoja inferior (a; envés) y hoja superior (b; haz).

Fuente financiadora
Recursos propios.

Referencias bibliográficas

Gaur, P. M., Samineni, S., Thudi, M., tripathi, S., Sajja, S. B., Jayalakshmi, V., & Dixit, G. P. (2019). Integrated breeding approaches for improving drought and heat adaptation in chickpea (*Cicer arietium* L.). Plant Breeding, 138(4), 389-400. https://doi.org/10.1111/pbr.12641

Lawson, T., Simkin, A. J., Kelly, G., & Granot, D. (2014). Mesophyll photosynthesis and guard cell metabolism impacts on stomatal behaviour. New Phytologist, 203(4), 1064-1081. https://doi.org/10.1111/nph.12945

Naeem, M., Hussain, A., Azmi, U. R., Maqsood, S., Imtiaz, U., Ali, H., & Ghani, U. (2019). Comparative anatomical studies of epidermis with different stomatal patterns in some selected plants using compound light microscopy. International journal of Scientific and Research Publications, 9(10), 375-380. http://dx.doi.org/10.29322/IJSRP.9.10.2019.p9449

BIOMASA Y ASIGNACIÓN DE CARBOHIDRATOS EN SEMILLAS GERMINADAS DE *Phaseolus coccineus* L. y *P. vulgaris* L. DOMESTICADAS Y SILVESTRES

Ma. Luisa Patricia Vargas-Vázquez [1]*, Ebandro Uscanga-Mortera[2], Daniel Padilla-Chacón[3], Josué Kohashi Shibata [2†], Heike Vibrans Lindemann[2], Salvador-Miranda Colín[2†,] Petra Yáñez Jiménez[2], Iris Grisel Galván-Escobedo[2]

[1]CEVAMEX CIRCE, INIFAP; Programa y Banco de Germoplasma de Frijol, [2]Posgrado en Botánica-Colegio de Postgraduados, [3]Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti)-Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, Mexico.
*Autor para correspondencia: vargas.luisa@inifap.gob.mx

Introducción

Las especies de importancia agrícola pertenecen a las dicotiledóneas Fabaceae (Leguminosae) y monocotiledóneas Poaceae (Gramineae). Las reservas de las leguminosas de grano, se almacenan en los cotiledones del embrión y las de los granos de cereales en el endospermo. En muchas leguminosas de grano y en todos los granos de cereales, el almidón es uno de los principales materiales de reserva (Nozzolillo, Lea y Loewus 1983). Una vez completa la germinación, la semilla moviliza sus reservas para proveer a la plántula de energía hasta que es autótrofa. Las actividades enzimáticas reactivadas para hidrolizar el almidón son las amilasas sintetizadas *de novo* (Bewley *et al* 2013). La movilización incluye la disgregación de las reservas y su translocación a la plántula. Las reservas en cuestión son principalmente: carbohidratos, proteínas y lípidos. Los productos de la hidrólisis se han estudiado poco, en particular la molécula que actúa como la primera forma de movimiento de las reservas de carbono desde los cotiledones. Este trabajo compara, en etapa de *germinación visible,* en semillas domesticadas y silvestres de *P. vulgaris* y *P. coccineus:* 1) asignación de biomasa y carbohidratos del cotiledón al eje embrionario, 2) contenido de azúcares reductores, y 3) número y tamaño y de amiloplastos de los cotiledones.

Materiales y métodos

Material vegetal. Semilla en germinación visible (radícula emerge de la cubierta seminal y mide 1-5 mm) En *P. coccineus*: 3 variedades nativas, 1 mejorada y 2 silvestres. En *P. vulgaris*: 3 mejoradas y 3 silvestres. Cada especie un experimento efectuado y analizado por separado. *Variables*. 1) biomasa en embrión, 2) concentración de almidón, glucosa, fructosa y sacarosa en embrión; 3) número de amiloplastos en cotiledón. *Métodos*. 1.- *Biomasa de embrión (cotiledones más cubierta seminal).* Hidratar 10 semillas por colecta 24 h, separar el embrión de la testa, los sequé en estufa y pesé en balanza analítica. 2.- *Concentración de almidón, glucosa, fructosa y sacarosa en embrión*. Método enzimático de Viola & Davies (1992). La absorbancia fue medida con un espectrómetro de microplacas (Multiskan FC, Thermo Fisher Scientific Inc. EE.UU.) longitud de onda de 340 nm. Se calcularon las concentraciones utilizando una curva estándar de glucosa a 5 mM, con una R2 = 0.97. *3.- Número y dimensiones de amiloplastos en el cotiledón.* Cuatro semillas de cada material se desinfectaron y escarificaron, se germinaron en cajas Petri. Al ser visible la radícula se hicieron cuatro cortes histológicos por repetición en la mitad del cotiledón. Las muestras se infiltraron, incluyeron en parafina, deshidrataron con una serie gradual de etanol y se tiñeron con ácido peryódico y reactivo de Schiff (Johansen 1940). Se hicieron cortes de 10 µm por semilla en microtomo manual y se elaboraron preparaciones semipermanentes. El número de amiloplastos (granos de almidón) se determinó en campos de 40x en microscopio Zeiss, Axioscope 2, y se transformó a número de amiloplastos por mm^2. Se obtuvieron imágenes con cámara digital Amscope y el programa Image J. (Vargas-Vázquez *et al* 2019 y 2024). ***Diseño y Análisis Estadísticos***. En ambas especies el diseño fue completamente al azar con 4 repeticiones, el análisis de varianza cumplió los supuestos: normalidad, independencia, muestreo aleatorio y homogeneidad.

Resultados y discusión

Biomasa en embrión. En ambas especies, el embrión (cotiledón más eje embrional) de semillas domesticadas pesó 11veces más que el de las semillas silvestres. En *P. coccineus* 0.803 g en material domesticado *vs* 0.073 g en silvestre. En frijol común, 0.298 g en material domesticado *vs*. 0.028 g en material silvestre.

Contenido de almidón, glucosa, fructosa y sacarosa. En *P. coccineus*, el embrión de semillas silvestres, más pequeño que las semillas domesticadas, exhibieron más moléculas de azúcar por g que las domesticadas (Cuadro 1).
En *P. vulgaris*, la separación del embrión en cotiledón y eje embrional, reveló mayor contenido de almidón y azúcares en el cotiledón de los domesticados. En cambio, los silvestres, exhibieron mayor concentración de almidón y azúcares reductores en el eje embrionario (Cuadro 2).

Cuadro 1. Concentración de almidón, glucosa, fructosa y sacarosa en el embrión (cotiledón) más eje embrional) de materiales domesticados y silvestres de *P. coccineus*

Forma	Almidón	Glucosa	Fructosa	Sacarosa
	μ moles g^{-1} peso seco			
Domesticada	87.9 b	1.60 b	0.34 b	5.61 b
Silvestre	189.0 **a**	6.21 **a**	3.57 **a**	22.37 **a**

Cuadro 2. Concentración de almidón, glucosa, fructosa y sacarosa en cotiledón y eje embrional de materiales domesticados y silvestres de *P. vulgaris.*

Forma	Cotiledón				Eje embrional			
	Almidón	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Almidón	Glucosa	Fructosa	Sacarosa
	μ moles g^{-1} peso seco							
Domesticada	452.16 a	5.69 a	4.77 a	61.20 a	655.8 b	47.41 b	36.40 b	67.32 a
Silvestre	281.78 b	4.45 b	4.15 a	12.62 b	1722.1 a	70.63 a	72.14 a	63.18 a

Número de gránulos de almidón en cotiledón de semillas en germinación visible. El conteo y medición de dimensiones de amiloplastos de semillas germinadas de *P. coccineus* y *P. vulgaris* domesticado y silvestre indicó que los cambios ocurridos durante la domesticación, se relacionan con modificaciones anatómicas a nivel celular. En *P. coccineus*, el cotiledón de las semillas silvestres exhibió 1.5 veces más amiloplastos que las domesticadas, y de menor tamaño (17.6 μm de largo x 13.3 μm de ancho) que los amiloplastos del cotiledón de semillas domesticadas (25 x 19.3 μm). En *P. vulgaris*, el cotiledón de las semillas silvestres tuvo 1.4 veces más amiloplastos y también de menor tamaño (7.1 x 5.8 μm) *vs* (8.4 x 6.7 μm) Figura 1.

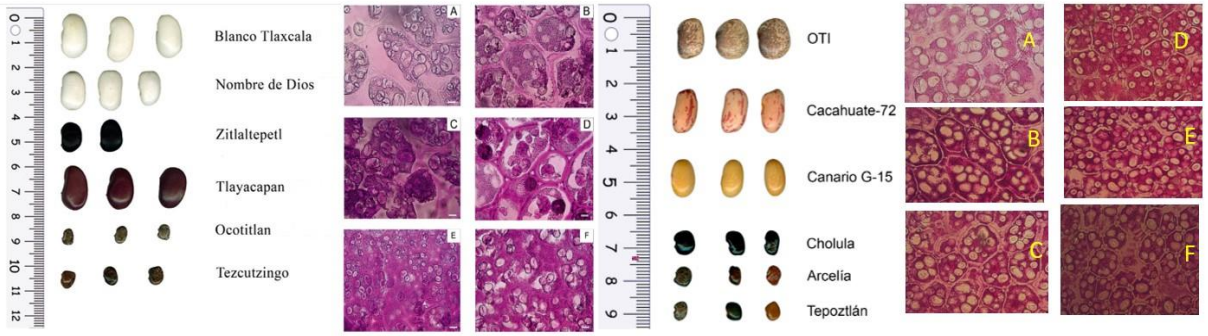


Figura 1. Izquierda: Semilla de 4 var nativas de *P. coccineus:* de A a D amiloplastos del cotiledón de semilla germinada domesticada, E y F amiloplastos del cotiledón de semillas silvestres. Derecha: Semilla de 3 variedades mejoradas de *P. vulgaris*: de A a C amiloplastos del cotiledón de semilla germinada mejorada, D, a F amiloplastos del cotiledón de semillas silvestres.

Conclusiones
Al germinar, las semillas silvestres de *P. coccineus* y *P. vulgaris* exhibieron un metabolismo de azúcares solubles y carbohidratos (almidón) más eficiente que las semillas domesticadas.
En ambas especies, el proceso de domesticación ha aumentado el tamaño de los amiloplastos o gránulos de almidón y disminuido el número de los mismos.
Referencias bibliográficas

Bewley JD, Bradford KJ, Hilhorst WM, and Nonogaki H. 2013. Seeds, Physiology of Development, Germination and Dormancy 3rd Ed. Springer. New York, Heidelberg, Dordrecht, London. 0pp 183-203.

Johansen DA. 1940. Plant microtechnique. McGraw Hill Book Company, Inc. London, 530 p.

Nozzolillo C, Lea PJ, and Loewus FA. 1983. Mobilization of reserves in germination; recent advances in phytochemistry. Plenum Press. New York and London. Available in: https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=lEPUBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=germination+reserves+mobilization&ots=T1ptc02SNm&sig=XeRRTZCnI9lsshLDgG2LDZd4yw8&redir_esc=y#v=onepage&q=germination%20reserves%20mobilization&f=false

Vargas-Vázquez MLP. 2019. Biomasa y asignación de carbohidratos en semillas y plántulas de *Phaseolus coccineus* L. y *P. vulgaris* L. domesticadas y silvestres. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados, Posgrado en Botánica.

Vargas-Vázquez MLP, Yañez-Jiménez P, Galván-Escobedo IG, Padilla-Chacón D, and Kohashi-Shibata J. 2019. Starch granules in cotyledon of domesticated and wild germinating seeds of *Phaseolus coccineus* L. Bean Improvement Cooperative Annual Report. Michigan, USA, pp75-76.

Vargas-Vázquez MLP, Yáñez-Jiménez P, Galván-Escobedo IG. 2024. Starch granules in cotyledon of domesticated and wild germinating seeds of *Phaseolus vulgaris* L. Bean Improvement Cooperative Annual Report. Michigan, USA, pp147-148.

Viola R, Davies HV. 1992. A microplate reader assay for rapid enzymatic quantification of sugars in potato tubers. Potato Research 35:55-58

ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO DE ACCESIONES CRIOLLAS DE CALABAZA EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Rogelio Fernández Sosa[1*], Israel Rojas Martínez[1], Andrea Hernández Huerta[2]

[1]Sitio Experimental Tlaxcala, INIFAP. [2]Residente de la Universidad para el Bienestar "Benito Juárez García", sede Jopala, Puebla.
*Autor para correspondencia: fernandez. rogelio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Cucurbita moschata*, rendimiento fruto, rendimiento semilla.

Introducción

La estabilidad de rendimiento es la capacidad de un genotipo de mantener un rendimiento consistente y predecible a pesar de variaciones en las condiciones ambientales como lo señala Bonell *et al*. (2021). La calabaza en Tlaxcala se siembra en una superficie de 1,525 hectáreas con un rendimiento promedio de 1.07 t ha^{-1} reportado por el Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP), 2016. Las principales regiones productoras del cultivo en Tlaxcala son: oriente y poniente. En la región oriente la producción principal es para semilla y en la región poniente es para la producción y venta de frutos. La interacción del genotipo con el ambiente permite conocer el comportamiento agronómico de las accesiones que presentan rendimientos altos y estables en los ambientes de evaluación. Este estudio busca generar información sobre la identificación de las accesiones con mayor rendimiento de fruto y semilla de calabaza. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza combinado sugerido por Rodríguez *et al*. (2009), técnica utilizada para conocer las accesiones sobresalientes en los ambientes de prueba como lo indica Ruelas *et al*. (2017). El objetivo del presente trabajo es identificar las accesiones sobresalientes en rendimiento de fruto y semilla de calabaza procedentes de dos ambientes de Valles Altos del estado de Tlaxcala.

Materiales y métodos

En el ciclo PV 2022 se realizó la colecta de 50 accesiones de calabaza de las cuales 10 se obtuvieron en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR)-163 Calpulalpan, 15 en el DDR-164 Tlaxcala y 25 en el DDR-165 Huamantla. La evaluación agronómica fue mediante un ensayo en las localidades de Nexnopala, Altzayanca y Espíritu Santo, Ixtacuixtla. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue de dos surcos de 6 m de longitud espaciados a 0.8 m, depositando 3 semillas por mata con separación de 1.5 m. La siembra se realizó los días 12 y 27 de mayo en Nexnopala y Espíritu Santo, respectivamente. Las labores de cultivo fueron con yunta y el control de malezas fue manual. La fórmula de fertilización química fue 60-46-30 (NPK) más la aplicación de 2.0 t ha^{-1} de composta, además fue suplementada con aplicaciones foliares a base de Bayfolan Forte + Maxi Grow Excel a razón de 1.0 y 0.5 L ha^{-1}, respectivamente. El adherente Full Extenso se agregó inicialmente a razón de 2.0 ml por litro de agua. Las variables registradas de fruto fueron: Rendimiento de fruto en ton ha^{-1} (RENF), peso por fruto en g (PF), diámetro del fruto en cm (DFR), Longitud del fruto en cm (LFR) y Grosor de la pulpa en mm (GPU). Las variables de semilla fueron: Número de semillas por fruto (SEF), Peso de semillas por fruto en g (PSF), Peso Volumétrico en g L^{-1} (PV), Peso de cien semillas en g (PCS) y Rendimiento de semilla en kg ha^{-1} (RENS). Con las variables agronómicas se realizó un análisis de varianza y comparación de medias Tukey ($p<0.05$) utilizando el programa SAS (Statistical Analisys System).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se presenta el resumen del análisis de varianza combinado de las variables registradas en los ensayos establecidos en dos localidades, donde para los factores LOC, ACC y la interacción LOC-ACC se tuvo para todas las variables significancia ($P<0.01$), las variables DFR y LFR fueron no significativas y la variable GPU significancia ($p<0.05$) en la interacción. El coeficiente de variación osciló de 4.3 a 14.9% para PV y LFR, respectivamente.

En el Cuadro 2 se indica que la mayor respuesta en valores de las variables estudiadas de fruto y semilla fue en Espíritu Santo, con 6.75 ton ha^{-1} para RENF, 1684.7 kg para PF, 3.89 cm para DFR, 3.20 cm para LFR, 4.92 mm para GPU, 66.95 kg para RENSE, 61.04 para SEF, 23.87 para PFS, 11.6 kg L^{-1} para PV y 3.76 g para PCS, debido en parte a que se tienen mejores condiciones agroclimáticas de sitio. Por lo

anterior, como indican Balzarini *et al*. (2015) y Ruelas *et al*. (2017) se debe realizar un análisis de varianza por localidad.

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado de variables registradas, Tlaxcala, 2022.

Variables	Localidad (LOC)	Accesión (ACC)	Interacción LOC-ACC	Media	CV (%)
RENF	3272.6**	368.6**	128.7**	23.8	10.1
PF	204341643.3**	2235909.2**	1291472.6**	3534.1	10.3
DFR	1090.7**	16.2**	7.8 ns	20.5	11.6
LFR	737.1**	16.9**	7.6 ns	18.4	14.9
GPU	1737.1**	27.0**	17.4*	25.1	11.6
RENS	322685.6**	276678.1**	93907.3**	624.7	9.5
SEF	268217.1**	10183.3**	9453.4**	409.0	5.5
PSF	41036.3**	934.8**	916.5**	90.2	5.5
PV	9687.2**	2176.8**	1422.6**	339.2	4.3
PCS	1273.4**	25.9**	16.0**	22.4	6.2

**= Significancia (p<0.01), *= Significancia (p<0.05), ns= no significativo, CV= Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Comparación de medias de fruto y semilla registradas por localidad en Tlaxcala, 2022.

LOCALIDAD	RENF	PF	DFR	LFR	GPU	RENS	SEF	PSF	PV	PCS
Nexnopala	20.4 b	2692 b	18.6 b	16.8 b	22.6 b	591.3 b	378.4 b	78.3 b	333.5 b	20.3 b
E. Santo	27.2 a	4376 a	22.5 a	20.0 a	27.5 a	658.2 a	439.5 a	102.2 a	345.0 a	24.5 a
DSH (0.05)	0.56	84.6	0.55	0.64	0.68	13.8	5.2	1.14	3.43	0.32

NOTA: Valores con la misma literal, no son diferentes estadísticamente.

Análisis de varianza por localidad. En el Cuadro 3, se presenta el ANOVA donde se indica que en ambas localidades todas las variables registradas tuvieron significancia (P<0.01), excepto LFR que fue no significativa en Nexnopala. El coeficiente de variación osciló de 2.6 a 16.9% para las variables PV y GPU, que corresponden a Espíritu Santo y Nexnopala, respectivamente.

Cuadro 3. Resumen del Análisis de varianza de variables registradas por localidad, Tlaxcala. 2022.

Variable	Espíritu Santo			Nexnopala		
	Accesión	Media	CV (%)	Accesión	Media	CV (%)
PF	46.34**	4376.4	5.3	6.4**	2625.3	16.8
RENF	54.94**	27.1	7.7	41.2**	19.6	13.3
RENS	46.89 **	658.2	8.4	70.7**	568.1	10.5
DFR	3.00 **	22.4	9.6	1.99**	18.4	13.7
LFR	2.69 **	20.0	12.1	1.27 ns	16.6	16.7
GPU	26.11 **	27.6	3.7	1.9**	22.3	16.9
SEF	27.36 **	439.4	4.6	19.3**	371.9	6.4
PSF	46.26 **	102.1	5.1	45.9**	76.1	5.8
PV	22.64 **	344.9	2.6	9.6**	329.7	5.3
PCS	32.67 **	24.5	3.5	10.1**	19.9	8.6

**= Significancia, ns= no significativo, CV= Coeficiente de variación.

Comparación de medias Tukey (α 0.05). En Espíritu Santo las accesiones con mayor rendimiento de fruto fueron: 14, 5, 3, 39 y 38 con 47.22, 41.16, 40.67 39.54 y 38.86 ton ha^{-1} que se asocian a las variables PF con 4.8, 4.6, 6.0, 4.6 y 4.8 kg; DFR con 22.7, 24.0, 26.7, 23.8 y 22.8 cm; LFR con 19.3, 18.2, 20.3, 18.2 y 22.0 cm; GPU con 26.1, 28.4, 34.6, 29.7 y 27.7 mm. Las de mayor rendimiento de semilla fueron 5, 39, 14, 34 y 38 con 1,079, 1,028, 991, 957 y 941 kg ha^{-1} con SEF de 460, 445, 350, 449 y 463 semillas; con PSF 105, 105, 96, 103 y 112 g; PV con 350, 358, 335, 351 y 380 g L^{-1} y PCS con 26.6, 25.8, 29.5, 24.1 y 25.0, respectivamente.

En Nexnopala las accesiones con mayor rendimiento de fruto fueron: 25, 34, 37, 9 y 35 con 46.57, 40.15, 33.89, 32.53 y 31.78 ton ha^{-1} que se asocian a las variables PF con 3.3, 3.0, 2.5, 3.8 y 2.5 kg; DFR con 19.5, 19.6, 19.2, 20.0 y 19.0 cm; LFR con 18.0, 17.0, 14.6, 18.1 y 14.7 cm; GPU con 26.2, 26.3, 22.4, 25.3 y 22.0 mm. Las de mayor rendimiento de semilla fueron 34, 25, 37, 35 y 21 con 1249, 1190, 1101, 1069 y 941 kg/ha kg ha^{-1} con SEF de 417, 407, 370, 379 y 439 semillas; con PSF 89.6, 84.8, 80.0, 86.2 y 95.2 g; PV con 335, 321, 351, 358 y 351 g L^{-1} y PCS con 21.4, 20.7, 22.2, 22.5 y 20.8, respectivamente.

Conclusiones

Se identificaron accesiones sobresalientes en ambas localidades indicando su estabilidad en rendimiento sin interacción del ambiente de producción. En Espíritu Santo se tuvo mayor rendimiento de fruto y semilla de accesiones evaluadas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto: “Identificación de accesiones nativas sobresalientes y manejo agronómico para la producción de pepita de calabaza en el estado de Tlaxcala”. Fuente financiadora: INIFAP, recursos propios.

Referencias bibliográficas

Balzarini, M.; Bruno, C. y Arroyo, A. 2015. Análisis de ensayos agrícolas multi-ambientales: Ejemplos con Info-Gen. Estadística y Biometría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. pp 141.

Bonell, Crepy, Conde, Fontana y Pachecoy. 2021. Proyecto Arroz. 7 Corrientes, Argentina: INTA.

Rodríguez Amaya Ricardo, Montes Hernández Salvador, Rangel Lucio José Antonio, Mendoza Elos Mariano, y Latournerie Moreno Luis. 2009. «Caracterización morfológica de la calabaza pipiana». Agricultura Técnica en México 35 (4). México, ME:378-388.

Ruelas Hernández Pablo Germán, Aguilar Castillo Juan Apolinar, García Paredes Juan Diego, Roberto Valdivia Bernal, y López Guzmán Graciela Guadalupe. 2017. «Diversidad Morfológica De Especies Cultivadas De Calabaza (Cucurbita ssp.) En el estado de Nayarit». Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 6 (8). México, ME:1845-56.

Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. Consultado en http://www.siap.sader.gob.mx; consultado 28 de abril 2025.

CARACTERIZACIÓN DE DESCRIPTORES VARIETALES EN COCOTERO (*Cocos nucifera* L.) EN LA ETAPA DE PRODUCCIÓN

Feliciano Gerardo Balderas Palacios[1]*, Irma Julieta González Acuña[2] y Enrique Inocencio Canales Islas[3]

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
[1,2,3]CE Santiago Ixcuintla-CIRPAC-INIFAP.
*Autor para correspondencia: balderas.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cocotero, caracterización, cosecha.

Introducción

El cultivo del cocotero se adapta en zonas marginales costeras, donde por características de clima y suelo, no prosperan económicamente otros cultivos. Se utiliza en la elaboración de más de 100 productos y bioproductos (Limones y Fernández, 2016). Asociado a su valor nutricional, por ejemplo, el agua de coco que posee grandes beneficios terapéuticos y el cultivo ornamental (Leber, 2000). Provee el sustento de millones de personas en el mundo y se cultiva en más de 86 países en el trópico, y para lograr un desarrollo agrícola sostenible en el cocotero, es necesario mantener la diversidad genética de las especies cultivadas, lo cual es de gran importancia para la selección de variedades de mayor productividad y que presenten resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades que afectan al cultivo. Por lo que, la caracterización a nivel de producción de diferentes variedades de *Cocos nucifera*, es de suma importante para la obtención de datos, con el fin de decidir la variedad que más interese al productor. El estudio se realizó en parcelas establecidas en terrenos del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, y en parcelas con cocotero de productores, lo cual es de gran importancia para la selección de variedades de mayor productividad, el objetivo fue caracterizar la variabilidad morfológica de frutos de cocotero de diferentes variedades mediante descriptores morfológicos en producción. Los resultados de este trabajo constituirán una base de datos que permitirán a los productores y Fito mejoradores desarrollar criterios de selección tendientes a definir eco tipos en cocotero, de acuerdo a las necesidades que el mercado demande.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla (CESIX) del INIFAP en Nayarit, en donde está establecido el cultivo de cocotero y también en parcela de productores. Los genotipos en estudio fueron: Criollo Alto Pacífico de una selección que realizó el INIFAP y Criollo Alto Pacífico del productor, además de, la variedad enano malayo amarillo. Descripción de la metodología. La caracterización morfológica de los descriptores en fruto, fue conforme a la "Guía técnica para la descripción varietal de cocotero (*Cocos nucifera* L)" en México, del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), 2014. El fruto obtenido puede ser para coco fruta o bien como semilla (nuez), para generar una nueva planta. La medida de cada parámetro fue: peso total del fruto, peso de la nuez sin borra, peso de la nuez sin agua y peso del agua, para generar las variables: 1. Peso total del fruto, 2. Peso del endocarpio, 3. Peso del endospermo y 4. Peso del agua. Se establecieron 3 tratamientos, T1 cocotero criollo alto Pacífico de una selección del INIFAP, T2 cocotero criollo alto Pacífico del productor, y el T3 cocotero enano malayo amarillo. Para el registro de los caracteres se utilizó una pértiga de fibra de vidrio para cortar los racimos en la palma de coco, báscula digital Gramera, Rectangular Weighing Pan Digital Scale, cinta de medir, espátula con mango para separar el endospermo de la concha, machete para destopar el fruto y libro de campo. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con tres tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. El análisis de varianza fue con el programa estadístico SAS versión 9.1 (SAS Institute Inc., 2004). Comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) de probabilidad, con el programa estadístico (Statistix, 2005).

Resultados y discusión

Mejoramiento genético. La selección natural forma parte del programa de mejoramiento genético en cocotero para desarrollar variedades con características deseables, como son: mayor producción de frutos y de agua, resistencia a plagas y enfermedades para reducir la necesidad de utilizar pesticidas y disminuir costos de producción. Una selección inteligente, permite adaptar al cocotero a las condiciones locales y maximizar su valor comercial, y una de las mejores opciones de comercialización, es coco fruta, con su

bebida refrescante energética y natural. En ecología y medio ambiente, los cocoteros contribuyen a la regulación del microclima, de la protección de los suelos y del ser humano. En turismo, los cocoteros embellecen las playas y constituyen los paisajes costeros.

En el Cuadro 1, se muestran las características del fruto en 3 variedades de cocotero. T1. Criollo alto Pacífico de una selección del INIFAP (CAP INIFAP). T2. Criollo alto Pacífico del Productor (CAP Productor) y T3. Enano malayo amarillo. Posteriormente se analiza cada carácter de estudio.

Cuadro 1. Caracteres varietales en cocotero, y su peso es en gramos por fruto.

Variedad y tratamiento	Peso por fruto	Peso endocarpio	Peso endospermo	Peso del agua
T1. CAP. INIFAP	3160.2 a	311.2 a	75.6 b	554.0 a
T2. CAP. Productor	2198.6 b	269.6 a	112.0 ab	308.8 b
T3. EMA	1423.4 c	133.0 a	140.2 a	188.8 c

Características por carácter

Peso del fruto. Para la variable peso del fruto se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los tres tratamientos, en donde el criollo alto Pacífico con la selección del INIFAP, registró 3.160 kg, le siguió el criollo alto del Productor con 2.199 kg y el que registró el menor peso fue el enano malayo amarillo con 1.423 kg por fruto, respectivamente (Figura 1). Su cubierta es de utilidad y se puede extraer fibras textiles que pueden funcionar como aislamiento térmico. En agricultura, la fibra de coco se usa como sustrato hortícola y los subproductos de la extracción del aceite se pueden utilizar en diferentes áreas de la industria.

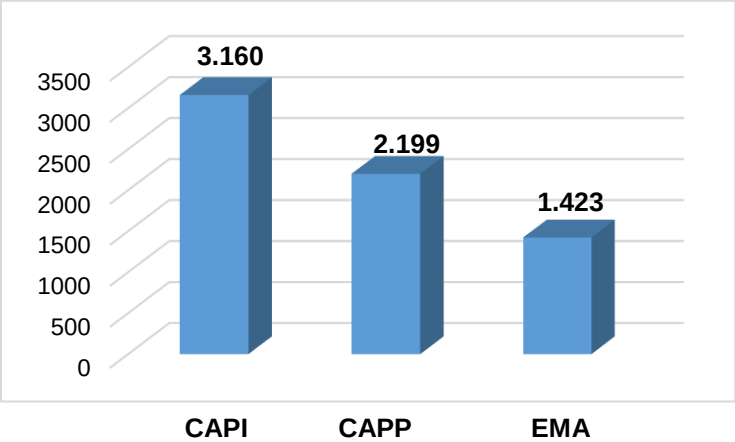


Figura 1. Peso en g del fruto por variedad.

Peso del endocarpio o cascara dura, el mejor resultado fue con el criollo alto Pacífico con selección del INIFAP con 311 gramos, le siguió el criollo alto Pacífico del Productor con 270 gramos, y el menor peso fue con el malayo enano amarillo con 133 gramos del endocarpio por fruto, respectivamente, quiere decir que con la selección del INIFAP, pudiese ser de utilidad para usarse como combustible, carbón activado, artesanías, y/o polímeros que pueden ser utilizados en la industria automotriz, entre otras.

Peso del endospermo (copra o pulpa) el mejor resultado fue con el enano malayo amarillo con 140 gramos, le siguió el criollo alto del Productor con 112 gramos, y el menor peso fue con el criollo alto Pacífico con la selección del INIFAP con 75.6 gramos, por fruto respectivamente, entonces el enano malayo amarillo pudiese ser utilizado para: consumo en fresco de forma directa, para cocada o condimento, o bien en copra para la industria de repostería, dulce, manteca, harina, ganadería y en la elaboración de aceite, entre otros (Alves *et al*., 2019).

Peso del agua también se detectó diferencias significativas ($p \leq 0,05$), el mejor resultado fue con el criollo alto Pacífico selección INIFAP, con 554 gramos, le siguió el criollo alto del Productor con 309 gramos, y el menor peso fue con el malayo enano amarillo con 189 gramos de agua por fruto, respectivamente (Figura 2). El agua de coco es totalmente natural y baja en carbohidratos, baja en grasa (99% libre de grasa) y azúcar; estas propiedades ayudan en el buen funcionamiento del organismo, contiene vitaminas y minerales como vitamina C, ácido láurico y vitaminas del complejo B, que ayudan a fortalecer el sistema inmunológico, la salud celular y la energía. (Eyres *et al*., 2016), En varios países tropicales, el coco se emplea en medicina como remedio popular contra diversas afecciones. El agua de coco es rica en

minerales y electrolitos, como el potasio, que ayudan a rehidratar el cuerpo y a mantener la energía. El agua de coco es rica en minerales y electrolitos, que ayudan a rehidratar el cuerpo y a mantener la energía.

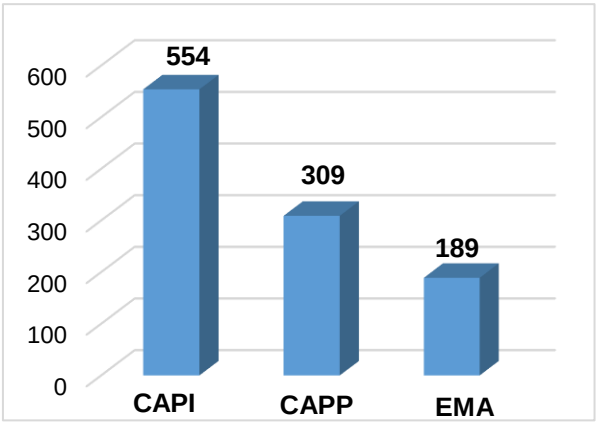


Figura 2. Peso del agua por fruto por variedad.

Conclusiones

Con la caracterización de los descriptores del fruto en cocotero, le permitirá al comercializador y/o industrial elegir el genotipo en función de su mercado de comercialización, como puede ser, fruta en fresco, endocarpio para artesanías o para la industria automotriz y el endospermo, para la industria del dulce o del aceite, entre otros.

La selección del cocotero criollo alto Pacífico le permite al INIFAP, generar una variedad de cocotero con las características que el mercado demanda o bien con el enano malayo amarillo, generar un cocotero híbrido.

Agradecimiento y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto “Capacitación y asistencia técnica en tecnologías de producción y mejoramiento en los cultivos de cocotero y mango en Nayarit”, llevado a cabo en coordinación y con financiamiento de productores.

Referencias bibliográficas

Alves Ferreira, J. A., Santos, J. M., Breitkreitz, M. C., Ferreira, J., Lins, P., Farias, S. C., de Morais, D. R., Eberlin, M. N., y Bottoli, C. 2019. Characterization of the lipid profile from coconut (*Cocos nucifera* L.) oil of different varieties by electrospray ionization mass spectrometry associated with principal component analysis and independent component analysis. Food Research International, 123:189-197.

Eyres, L., Eyres, M. F., Chisholm, A., Brown, R. C. 2016. Coconut oil consumption and cardiovascular risk factors in humans. Nutrition Reviews. 74: 267-280.

Leber, A. S. 2001. Avaliação da estabilidade de água de coco (*Cocos nucifera*) em garrafas de polietileno tereftalato (PET) estocadas congelada y refrigerada. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 151p.

Limones, B. V., y Fernández, B. M.A. 2016. El cocotero: “El árbol de la vida”. Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México. P. 107-110.

SNICS. 2014. Guía técnica para la descripción varietal de cocotero (*Cocos nucifera* L.). En: http://snics.sagarpa.gob.mx/dov/Paginas/Guias_Tecnicas.aspx.

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.)

Claudia Pérez Mendoza[1], Leticia Tavitas Fuentes[2]

[1]CE Valle de México-CIRCE-INIFAP; [2]CE Zacatepec-CIRPAS-INIFAP.
*Autor para correspondencia: perez.claudia@inifap.gob.mx

Palabras claves: Guerrero, calidad fisiológica, ISTA.

Introducción

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es un cultivo oleaginoso cuyo centro de origen no está completamente definido, pero se ubica entre India y Etiopia (Ashri, 1998). En México, el 70% de la producción se lleva a cabo en zonas de temporal con rendimientos en promedio de 0.68 t ha^{-1}, siendo los principales productores de ajonjolí: Sinaloa con una participación de 43.05%, Guerrero con el 19.32%, Michoacán con 12.76% y Oaxaca con 10.12%. Estas cuatro entidades concentran el 85.25% de la producción de ajonjolí en nuestro país (SIAP, 2024).

La semilla es el material de partida para la producción y es condición indispensable para que se produzca unas plántulas vigorosas y alcancen el máximo rendimiento (Doria, 2010), y en el caso del ajonjolí no es la excepción. Las Reglas de la ISTA recomiendan utilizar temperaturas alternas para la prueba de germinación. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura sobre la germinación en semillas de ajonjolí.

Materiales y métodos

Se utilizaron semillas de cinco variedades de ajonjolí generadas por el INIFAP y regeneradas en el año 2010 en el Campo Experimental Iguala, Guerrero. El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con arreglo factorial donde el factor A fueron las variedades (*Igualteco, Pungarabato, Rio grande, San Joaquín* y *Zirándaro*) y el factor B las temperaturas (*15, 20* y *25*°C) con cuatro repeticiones. La calidad fisiológica de la semilla se determinó mediante la prueba de germinación estándar la cual, se llevó a cabo de acuerdo a las normas establecidas por la ISTA (2010). Las variables evaluadas fueron: porcentajes de germinación al tercer día (PG3D) y total (PGT); longitudes de plántula y de raíz (LP y LR). Para el análisis de las variables se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se realizaron análisis de varianza y para las variables que resultaron significativas, se efectuaron pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey α= 0.05, utilizando el programa estadístico de SAS® (SAS, 2000).

Resultados y discusión

Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para variedades y temperaturas en todas las variables; la doble interacción también fue significativa en todos los parámetros evaluados (Cuadro 1). Los coeficientes de variación (CV) en este estudio fueron de 12.2%, para PG3D, 5.18% para PGT, 7.44% para LP y 11.3% para LR. Estos valores de CV indican alta repetitividad de los resultados dentro de cada variedad y temperatura entre los mismos (Cuadro 1).

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos en germinación de semillas de las distintas variedades de ajonjolí. Como se puede apreciar, que las variedades de ajonjolí registraron variaciones de 65.8 a 75.8% para PG3D, sobresaliendo San Joaquín y Pungarabato, mientras que para el PGT este varió de 90.4 a 76% siendo Zirándaro y San Joaquín superiores al resto de las variedades de ajonjolí. La variación registrada para LP osciló de 2.51 a 2.85 cm, LR de 2.78 a 2.49 cm, respectivamente. Las variedades relevantes en LP y LR fueron San Joaquín, Rio Grande y Pungarabato.

En cuanto al efecto de las temperaturas, se observó que hubo un comportamiento diferenciado para cada grado de temperatura evaluado. La temperatura de 15°C proporcionó menor porcentaje de germinación al tercer (PG3D) y sexto día (PGT), longitud de plántula (LP) y de raíz (LR) mientras, que la temperatura de 25°C registró un mejor desempeño germinativo (Figura 2) y la temperatura 20°C también registró un desempeño inferior en relación a la temperatura de 25°C, respectivamente.

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza para las variables de calidad fisiológica evaluadas en las diferentes variedades de ajonjolí y temperaturas.

Factor	Variables†			
	PG3D (%)	PGT (%)	LP (cm)	LR cm)
Variedad	195.6 *	490.1 *	0.33 *	0.21 *
Temperatura	8122.5 *	3622.9 *	84.2*	787.0 *
Var x Temp	241.18*	182.2 *	0.27 *	0.49 *
R^2	0.85	0.93	0.98	0.98
CV	12.2	5.18	7.44	11.3
Media	69.8	81.2	2.64	2.64

†PG3D = porcentaje de germinación al tercer día; PGT = porcentaje de germinación total; LP = longitud de plántula; LR = longitud de raíz. * = significancia estadística al 0.01. R^2 = coeficiente de determinación; C.V. = coeficiente de variación.

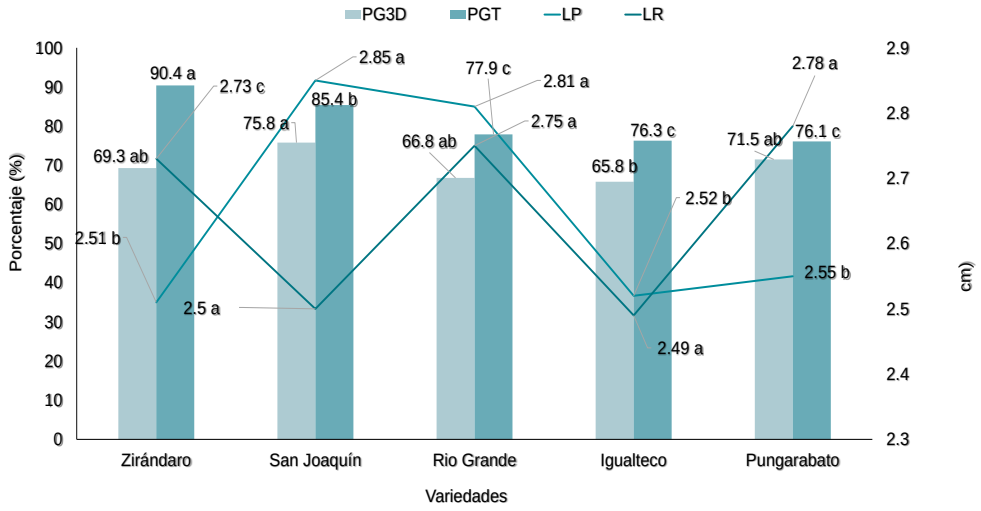


Figura 1. Comportamiento de las variedades de ajonjolí en las variables de calidad fisiológica evaluadas en semillas de ajonjolí. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05).

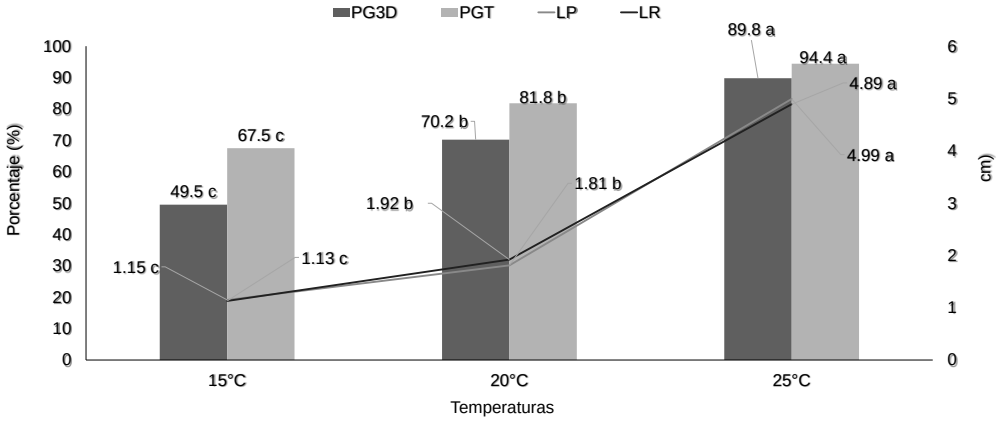


Figura 2. Comportamiento de las temperaturas en las variables de calidad fisiológica evaluadas en semillas de ajonjolí. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05).

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo, se concluye que:
La temperatura de 25°C es la que propicia un mejor desempeño germinativo en las variedades de ajonjolí. Las variedades que registraron mayor germinación de semillas fueron Zirándaro, San Joaquín y Pungarabato.

Agradecimientos
Las autoras desean expresar sus sinceros Agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por apoyo económico a través del proyecto “Conservación, mantenimiento y utilización de los recursos genéticos del INIFAP” (SIGI.1437230646).

Referencias bibliográficas
Ashri, A. 1998 Sesame Breeding. *In*: Janick, J., Ed., Plant Breeding Reviews, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 179-228. https://doi.org/10.1002/9780470650110.ch5

Doria, J. 2010 Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31, 74-85.

ISTA (International Seed Testing Association). 2010. International Rules for Seed Testing. Rules 2010. ISTA editions, Zurich, Switzerland. 243 p.

S.A.S. SAS/STAT. 2000. Guide for personal computers. Statical Analysis System Institute. Inc. Cary, NC. USA.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Avance de siembras y cosechas año agrícola 2022 en México. [En línea]. Disponible en http://siap.gob.mx (Revisado el 09 de noviembre de 2024).

"COUTIÑO V-570 A", NUEVA VARIEDAD DE MAÍZ AMARILLO PARA REGIONES TROPICALES DE CHIAPAS

Bulmaro Coutiño Estrada*[1], Noel Gómez Montiel[2]

[1]INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas. [2]INIFAP Campo Experimental Iguala.
* Autor para correspondencia: coutino.bulmaro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz, selección modificada mazorca por surco.

Introducción

En 2023, la producción de maíz nacional fue de 27.7 millones de toneladas, conformada por 88.0% de maíz blanco, 11.6% de maíz amarillo y el restante 0.4% de otros tipos de grano (pozolero y de color). Ante la baja producción nacional de maíz amarillo (3.3 millones de toneladas y la creciente demanda para el sector ganadero e industrial (23.8 millones de toneladas) se requiere fomentar el cultivo de híbridos y variedades amarillas en todo el país. De la industrialización del maíz de grano amarillo se derivan: almidón, glucosa, alta fructosa, gluten, fibra, sorbitol (jarabe), aceites, maltodextrinas, color caramelo, dextrosa, proteínas y sus aplicaciones, lo que propicia que se importen de los Estados Unidos 18 millones de ton de grano de maíz amarillo. De la superficie nacional cultivada de maíz amarillo, Chiapas aporta el 15 %, siendo el tercer lugar a nivel nacional con 85 mil hectáreas y el cuarto lugar en producción. De esta extensión, 84 mil hectáreas se cultivan en temporal estricto, lo que limita la fecha de siembra y la productividad del cultivo, con un rendimiento promedio de 1.7 t ha^{-1} (SIAP, 2022); en más del 74 % de la superficie agrícola del estado se utilizan semillas de variedades nativas o criollas.

En el 2015 se formó en el Campo Experimental Centro de Chiapas del INIFAP una población de amplia base genética, recombinando los genes de 10 variedades criollas de grano amarillo y 10 híbridos comerciales de grano amarillo, los cuales son cultivados comercialmente en la región tropical de Chiapas, con el fin de conjuntar dos características en la misma población: adaptación y potencial de rendimiento. Esta Población Amarilla Tropical se le empezó a mejorar por el Método Modificado Mazorca por Surco (Compton y Comstock, 1976). En total, se realizaron cuatro ciclos de Selección, evaluando 155 familias en el ciclo agrícola de temporal, en tres localidades, y recombinando las 40 mejores familias en un lote aislado, en el ciclo de riego siguiente, de donde se seleccionaron nuevas 155 familias; además, se recombinaron las mejores familias para formar 24 variedades experimentales, las cuales se evaluaron en 2021 y 2022. El objetivo del presente trabajo es describir las principales características agronómicas de la mejor de las 24 variedades, denominada "Coutiño V-570 A".

Materiales y métodos

Para la caracterización de esta variedad, se estableció un lote de 20 surcos de 20 m de longitud, con 800 plantas, en el Campo Experimental Centro de Chiapas, durante junio y julio de los ciclos agrícolas P.V.2023 y P.V.2024, en surcos a 75 cm, con una planta cada 40 cm. Se dieron todas las labores de cultivo recomendadas para maíz para tener un desarrollo normal de las plantas. Siguiendo el Manual Gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.) del SNICS, en 100 plantas seleccionadas al azar, y marcadas desde el principio, se midieron 68 variables en raíces, hojas, tallos, nudos, flores, mazorca, olote, grano, etc., para llenar el formato de caracterización que se envía al SNICS. La cosecha y mediciones en mazorca y grano se hicieron en los meses de noviembre y diciembre de cada año, mientras que la captura de las mediciones de las 68 variables se realizó de enero a febrero de esos años. Los datos individuales de cada una de las 100 plantas se capturaron en una hoja de cálculo de Excel, en la cual se obtuvieron los porcentajes de plantas que caen en niveles de 1 a 9, según la variable medida. Posteriormente, los porcentajes se capturaron en un formato de Word, el cual es la caracterización de todas las variables medidas y se le considera como la "descripción varietal o informe técnico", que requiere el SNICS, para su trámite de ingreso y registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales.

Resultados y discusión

Las 24 variedades experimentales formadas del ciclo cuatro de Selección se sembraron en el P.V.2021, donde sobresalieron estadísticamente 17, las cuales superaron a la variedad criolla testigo "Olotillo amarillo"; dentro de las variedades de mayor rendimiento de grano sobresalió la V1A, ahora denominada "Coutiño V-570 A" (Figura 1) (Velasco, 2023) con un rendimiento de 5.230 ton/ha; en el siguiente ciclo agrícola P.V. 2022 volvió a sobresalir estadísticamente con un rendimiento de 5.595 ton/ha; este mismo

año se sembró en una parcela demostrativa y tuvo un rendimiento de 5.357 ton/ha, igualando al de la variedad mejorada V-562; en el P.V.2024 se estableció en otra parcela demostrativa y, con mejor temporada de lluvias que el año anterior, rindió 8.359 ton/ha, superando a la variedad mejorada V-560, la cual rindió 6.881 ton/ha. Lo anterior indica que la metodología de mejoramiento genético fue efectiva, ya que compite bien en rendimiento de grano comparada con las variedades mejoradas: V560, V561, V562, obtenidas con la misma metodología de Selección (Coutiño, 2021).



Figura 1. Fenotipo de mazorcas de la variedad “Coutiño V-570 A”.

Esta nueva variedad constituye una buena opción para los productores de grano amarillo y para incrementar la producción de grano en la región, puesto que posee buenas características de planta, mazorca y grano, de un color amarillo fuerte, rico en carotenos y provitamina A en grano y tortilla, según resultados de laboratorio (Rincón, 2021). La variedad “Coutiño V-570 A” ha demostrado ventajas sobre otras variedades, como más precocidad (64 d) que las variedades criollas (77 d), menor altura de planta y de mazorca (243 y 98 cm), contra 297 y 140 cm de la variedad criolla Olotillo y una superioridad de 2.3 ton/ha (73%) sobre ella.

Esta metodología de Selección Modificada Mazorca por Surco ha sido efectiva para formar nuevas variedades con mayor capacidad de rendimiento y mejores características de planta, mazorca y grano, como V238AC y V240, para las regiones de clima semicálido, V56AC para la región de clima templado y V560, V561y V562, para las regiones de clima cálido (Coutiño, 2021).

Cuadro 1. Algunas de las 68 características descriptivas de la nueva variedad “Coutiño V-570 A”.

No.	Característica	Estado	Nivel				Nota (%)
1	Primera hoja: coloración de la vaina por antocianinas.	12 (S)	ausente o muy débil				1 (13)
			Débil				3 (63)
			Media				5 (20)
			Fuerte				7 (3)
			muy fuerte				9 (1)
2	Primera hoja: longitud (cm)	14	muy corta	≤ 2.0			1 ( )
				2.1-2.5			2 ( )
			corta	2.6-3.0			3 (1)
				3.1-3.5			4 ( )
			mediana	3.6-4.0			5 (5)
				4.1-4.5			6 ( )
			larga	4.6-5.0			7 (13)
				5.1-5.5			8 ( )
			muy larga	> 5.5			9 (81)
3	Primera hoja: ancho (cm)	14	muy estrecha	≤ 0.5			1 ( )
			estrecha	0.6-0.9			2 ( )
			mediana	1.0-1.3			3 (5)
			ancha	1.4-1.7			4 (39)
			muy ancha	> 1.7			5 (56)
25 (*)	Espiga: floración masculina (cuando el 50% de las plantas se encuentren liberando polen en el tercio medio del eje principal de la espiga).	65	T	B	VA	VMA	
			(X)	( )	( )	( )	
			≤45	≤55	≤65	≤75	1 (1)
			46-50	56-61	66-72	76-83	2 ( )
			51-55	62-67	73-79	84-91	3 ( )
			56-60	68-73	80-86	92-99	4 (6)
			61-65	74-79	87-93	100-107	5(85)

	Indicar la nota a los días a floración media en la zona principal de adaptación. T = Trópico, B = Bajío, VA = Valles Altos, VMA = Valles muy altos.		66-70	80-85	94-100	108-115	6 (8)
			71-75	86-91	101-107	116-123	7 ( )
			76-80	92-97	108-114	124-131	8 ( )
			>80	>97	>114	>131	9 ( )
57	Mazorca: color del grano (apariencia externa de la mazorca superior).	92 (S)	blanco				1 ( )
			blanco cremoso				2 ( )
			amarillo claro				3 (8)
			amarillo				4 (45)
			amarillo oscuro				5 (41)
			naranja				6 (6)
			rojo claro				7 ( )
			rojo				8 ( )
			rojo oscuro				9 ( )
			azul				10 ( )
			azul oscuro				11 ( )
			negro				12 ( )
68	Régimen hídrico recomendado para su cultivo.		riego completo				1 ( )
			riego parcial				2 ( )
			buen temporal				3 ( )
			temporal regular				4 (X)
			otros (indicar)				5 ( )

Conclusiones

La nueva variedad “Coutiño V-570 A” tiene rendimientos de 8.3 ton/ha, supera a la variedad criolla local “Olotillo amarillo” e iguala a las variedades mejoradas V562 y V560. Se tiene completa la información que se enviará en junio 2025 al SNICS para su registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales.

Fuente financiadora

Se agradece a la empresa MASECA y al INIFAP por los apoyos de recursos económicos durante los años 2020 a 2022 y 2015 al 2024, respectivamente, que permitieron la obtención de esta nueva variedad.

Referencias bibliográficas

Compton, W. A., R. E. Comstock. 1976. More on modified ear-to-row selection in corn. *Crop Science*.16(1):122-122.

Coutiño E. B. 2021. Híbridos y variedades, producto del mejoramiento genético realizado en Chiapas. En: XI Reunión Nacional de Investigación Agrícola. INIFAP. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Vol. 7 No. 1. pp: 531-534.

Rincón E. D. 2021. Rendimiento y calidad de grano de híbridos y variedades de maíz amarillo. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas. 90 p.

SIAP. 2022. Producción de maíz en México. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Cd. de México.

Velasco M. S. 2023. Variedades provenientes de Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos, en una población de maíz amarillo de Ocozocoautla, Chiapas. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Chiapas. Villaflores, Chiapas. 60 p.

USO DE ÁCIDO GIBERÉLICO EN SEMILLAS DE SARAMUYO (*Annona squamosa* L.)

Carolina Isabel Basto-Pool[1*]; Manuel Jesús Zavala-León[1]; Elizabeth Herrera-Parra[1]; Felipe Santamaria-Basulto[1]

[1]Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochá, Yucatán, México.
*Autor para correspondencia: carolinabasto93@gmail.com

Palabras clave: *Annona squamosa*, germinación, ácido giberélico.

Introducción

El saramuyo (*Annona squamosa* L.) es un frutal tropical común en los huertos familiares de la Península de Yucatán. El cultivo se propaga principalmente por semilla, sin embargo, existen dificultades en la producción de plántulas por vía asexual debido a que las semillas presentan latencia mofofisiológica, esta se presenta cuando el embrión no esta desarrollado en su totalidad y además existen mecanismos fisiológicos fuertes que inhiben la germinación (Baskin y Baskin, 2014, Moreno *et al*. 2013). Para superar la latencia existen tratamientos que se aplican antes de la germinación como la escarificación, el uso de hormonas y otros estimulantes químicos. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la germinación de semillas de saramuyo (*A. squamosa* L.) sometidas a escarificación y tratadas con ácido giberélico (AG_3).

Materiales y métodos

Obtención de semillas y tratamientos. Se cosecharon frutos maduros de saramuyo, las semillas se extrajeron de forma manual y se desinfectaron con cloro comercial al 2% por 5 min, enseguida se enjuagaron con agua destilada hasta eliminar el cloro y se dejaron secar bajo sombra. Las semillas se escarificaron con lija No. 70 hasta que se observó el endocarpio luego las semillas se sumergieron durante 4 horas en una solución de ácido giberélico (AG_3) a 500 ppm. Las semillas utilizadas como controles no fueron lijadas y sumergidas en agua destilada. Después las semillas se colocaron sobre papel sanita humectada con agua destilada en una proporción de 2.5 veces su peso seco. Posteriormente los tratamientos fueron colocados en una incubadora tipo BOD a 16h luz y 8h oscuridad a 25 °C. El porcentaje de germinación se evaluó en cinco repeticiones de 20 semillas cada una. Se realizaron observaciones diarias con el objetivo de determinar el inicio de la germinación y, posteriormente, cada 7 días hasta que ninguna semilla presentara protrusión radicular. Con los datos obtenidos se estimó el porcentaje de germinación (%), tasa de germinación (germinadas día^{-1}) y longitud de raíz (cm).

Diseño experimental y análisis de datos. El modelo estadístico empleado fue un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial con 5 repeticiones. Para ajustar la normalidad de los datos, los porcentajes fueron transformados utilizando la formula √arcoseno. Con los datos se realizó un ANDEVA y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los análisis se realizaron en Statistica 7 (Statsoft, Tulsa, Ok, USA).

Resultados y discusión

Los resultados del porcentaje de germinación mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.0001$). En el Cuadro 1 se observa que a los 7 y 14 días después de la siembra (dds) el tratamiento de semillas lijadas+AG_3 fue el que obtuvo el mayor porcentaje de germinación (13 y 75 %) siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. En este sentido, la entrada de la solución AG_3 se facilitó con la escarificación de la semilla lo que permitió la germinación. A los 21 dds el tratamiento de semillas no lijadas+AG_3 fue estadísticamente igual al tratamiento de semillas lijadas+AG_3, sin embargo, numéricamente fue inferior al tratamiento antes mencionado. Los resultados obtenidos señalan que lijar la semilla permite la germinación desde a los 7 dds respecto a las semillas no lijadas, además la aplicación de la fitohormona potencializo el efecto ya que a los 21 dds el tratamiento semilla no lijada+AG_3 obtuvo el 78% de germinación a pesar de que la semilla no fue lijada. El aumento en la germinación con la aplicación de AG_3 a diferentes concentraciones y escarificación mecánica en semillas de Annonaceae también fue observado por Vargas-Simón *et al*., (2022) al registrar valores máximos de germinación del 76.6 %. Asimismo, Martínez *et al*., (2016) reportan que el uso de AG_3 entre 200 y 600 mg L^{-1} incremento el porcentaje de germinación hasta en 92.3 %.

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de semillas de *A. squamosa*.

Tratamientos	Días después de la siembra (dds)		
	7	14	21
		%	
Lijadas+AG_3	13 a	75 a	87 a
Lijadas	0 c	45 b	58 b
No lijadas+AG_3	4 b	45 b	78 a
No lijadas	0 c	34 b	57 b
P-valor	0.0001	0.0002	0.0001
CV (%)	22.35	14.74	10.30

El Cuadro muestra promedios. AG_3= 500 ppm. CV= coeficiente de variación. Medias con literales diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P ≤ 0.05).

En la tasa de germinación (TG) se observó que el tratamiento con las semillas lijadas+AG_3 fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, registrando 3.17 germinadas día^{-1} respectivamente mientras que las semillas no lijadas y sin AG_3 registraron el menor valor (1.03 germinadas día^{-1}) (Figura 1a). Resultados similares se obtuvieron en semillas de *Annona reticulata* con escarificación mecánica al registrar una tasa de germinación de 3.5 (Vargas-Simón *et al*. 2022). También se observaron resultados superiores en la tasa de germinación al sumergir semillas de *Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L. en ácido giberélico (Olivera *et al*. 2010). En cuanto a la longitud de raíz las semillas lijadas+AG_3 registraron la mayor longitud con 4.04 cm seguido de las semillas no lijadas+AG_3 con 3.45 cm que fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos, en contraste a las semillas sin AG_3 que obtuvieron el menor crecimiento radicular con 2.79 y 2.86 cm respectivamente (Figura 1b).

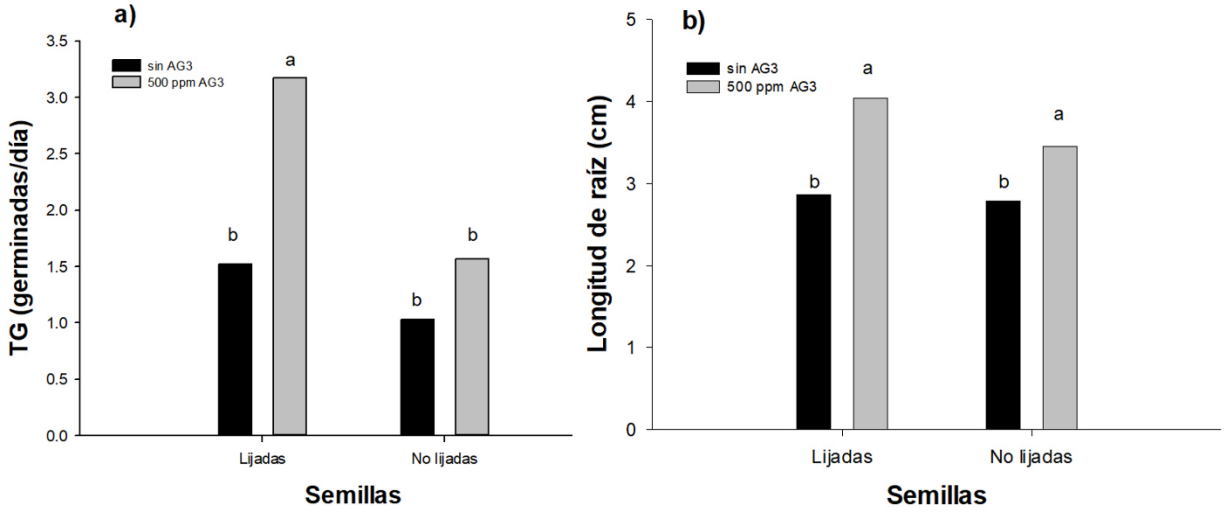


Figura 1. a) Tasa de germinación (TG) y b) Longitud de raíz de semillas de *A. squamosa*. Medias con literales diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Tukey P≤0.05).

Conclusiones

Las semillas de *A. squamosa* lijadas y tratadas con ácido giberélico incrementaron significativamente el porcentaje y tasa de germinación, así como la longitud de la raíz. Por lo que se recomienda el uso de AG_3 y la escarificación de las semillas para romper la latencia mofo-fisiológica de las semillas de *A. squamosa*.

Referencias bibliográficas

Baskin, C.C. and J.M. Baskin. (2014). Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. 2nd ed. Academic Press, San Diego, CA.

Martínez M, F. E., Miranda L, D., & Magnitskiy, S. (2016). Sugar apple (*Annona squamosa* L.) seed germination affected by the application of gibberellins. Agronomía Colombiana, 34(1), 17-24.

Moreno, N. E., Miranda, D., & Martínez, F. E. (2013). La zeatina fomenta la germinación de semillas de anón (*Annona squamosa* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 7(1), 9-19.

Oliveira, M. C. D., Ferreira, G., Guimarães, V. F., & Dias, G. B. (2010). Germinação de sementes de atemoia (*Annona Cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) cv'Gefner'submetidas a tratamentos com ácido Giberélico (GA3) e ethephon. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *32*, 544-554.

Vargas-Simón, G., López-Méndez, D., & Pire, R. (2022). Morfología del fruto y semilla, y tratamientos pregerminativos de *Annona reticulata*. *Caldasia*, *44*(2), 231-240.

CARACTERIZACIÓN POR ÍNDICE DE ARIDEZ DE RAZAS DE MAÍZ EN EL ESTADO DE PUEBLA

Coyolicaltzin Chávez-Cuache[1], M. Humberto Reyes-Valdés[1], Mario Ernesto Vázquez-Badillo[1], José Luis Herrera-Ayala[1], Juan Manuel Pichardo-González[2], Martin Quintana-Camargo[2] y Adriana Antonio-Bautista[1]*

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo, Coahuila, México. [2] Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.
*Autor para correspondencia: adis_anba@hotmail.com

Palabras clave: *Zea mays*, maíces nativos, aridez.

Introducción

El maíz es una de las especies agrícolas más importantes cultivadas a nivel global, con una amplia diversidad en resultado de su tipo de polinización, manejo y selección, uso de variedades externas y diversas condiciones ambientales. La agricultura temporal depende principalmente de la lluvia, lo que limita el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jans *et al*., 2021). La inestabilidad climática y los cambios asociados constituyen una seria amenaza para la seguridad alimentaria mundial, comprometiendo tanto la productividad como la sostenibilidad de los cultivos (Estrada *et al.,* 2022). En México, el maíz se cultiva desde el nivel del mar hasta altitudes con 3000 msnm, con una notable capacidad de adaptación a temperaturas extremas y precipitaciones irregulares (Orozco-Ramírez *et al.,* 2017). La disponibilidad de agua para los cultivos, especialmente los dependientes de la lluvia, se ha convertido en una preocupación tangible en muchas regiones (Jans *et al*., 2021). Es importante buscar estrategias para enfrentar estos desafíos, como emplear genotipos adaptados a condiciones de baja humedad y altas temperaturas. Las razas de maíz nativo suelen adaptarse a condiciones locales, especialmente en entornos desfavorables como la sequía (Ruiz *et al*., 2013). La aridez es una función que integra precipitación, temperatura y evapotranspiración de referencia (ET0) (Zomer y Trabucco, 2022). El uso de índices de aridez permite comparaciones espaciales y temporales, proporcionando una línea de base para medir y anticipar los impactos del cambio climático. El objetivo del presente estudio fue identificar las colectas de maíz que predominan en las distintas zonas áridas y semiáridas del estado de Puebla, México, a través de las relaciones de aridez, con las razas y caracteres de plantas para la identificación y preservación de colectas de maíz resistentes a la sequía que se puedan utilizar en programas de mejoramiento.

Materiales y métodos

Material genético: Se analizaron 161 colectas pertenecientes a 28 razas de maíz, recolectadas entre 2008 y 2011 en 137 comunidades del estado de Puebla, como parte del Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos (PMMM). Para el análisis morfológico se consideraron 71 caracteres en 155 colectas.

Extracción de datos climáticos: Se utilizaron datos de la base WorldClim, incluyendo variables como temperatura mínima, media y máxima, precipitación y radiación solar, con una resolución espacial de 2.5 minutos (~1.8 km²). El Índice Global de Aridez (IGA) fue obtenido del CGIAR y se extrajo para cada sitio de colecta**.**

Índice Global de Aridez (IGA): IGA se calculó mediante la fórmula IGA= MA-Pr/MA-ET_0, donde MA-Pr es la precipitación media anual y MA-ET_0 es la evapotranspiración de referencia media anual para la Evapotranspiración de Referencia (ET_0), $0.408\Delta(Rn-G) + \gamma(900/Tavg+275)u_2(es-ea) / \Delta + \gamma(1+rs/ra)$ donde: ET_0 es la evapotranspiración del cultivo de referencia, en mm·día^{-1}; Rn es la radiación neta en la superficie del cultivo, en MJ·m^{-2}·día^{-1}; G es la densidad del flujo de calor del suelo, en MJ·m^{-2}·día^{-1}; Cp es el calor específico del aire seco; Pa es la densidad del aire a presión constante; es la presión de vapor de saturación, en kPa; ea es la presión de vapor real, en kPa; es - ea es el déficit de presión de vapor de saturación, en kPa; Δ es la pendiente de la curva de presión de vapor, en kPa·°C^{-1}; γ es la constante psicrométrica, en kPa·°C^{-1}; rs es la resistencia superficial volumétrica, en m·s^{-1}; y ra es la resistencia aerodinámica, en m·s^{-1}. El índice clasifica el clima en las siguientes categorías: hiperárido (< 0.03), árido (0.03-0.2), semiárido (0.2-0.5), subhúmedo seco (0.5-0.65) y húmedo (> 0.65).

Análisis de datos: Se aplicaron análisis en el lenguaje de programación R, utilizando gráficos de dispersión, análisis de componentes principales (PCA) y modelos lineales mixtos para determinar la asociación entre

características morfológicas y el índice de aridez. Se seleccionaron las colectas con mayor asociación a la aridez.

Resultados y discusión

Clasificación climática de las zonas de colecta: El valor promedio de aridez en las zonas de colecta fue 0.48, correspondiente a condiciones semiáridas. Los valores de aridez variaron entre 0.18 y 1.21, abarcando desde zonas áridas hasta húmedas. La mayoría de las colectas se concentraron en zonas semiáridas y secas subhúmedas (IGA entre 0.2 y 0.7). El 3% provino de zonas áridas (IGA < 0.2) y el 12% de zonas húmedas (IGA > 0.65).

Relación entre aridez y características del maíz. Se observó una asociación positiva entre el índice de aridez y diversos caracteres fenológicos, vegetativos y de mazorca. El análisis de componentes principales con datos cuantitativos de pasaporte mostró que las razas de maíz presentan una amplia variabilidad en su respuesta a condiciones de aridez.

Adaptación de razas al ambiente árido. La predicción de aridez promedio mostró que razas como Tuxpeño, Conejo y Cacahuacintle están asociadas a zonas húmedas, mientras que razas como Olotón, Tehuacanero y Chalqueño se vinculan a zonas áridas y podrían ser útiles para mejorar la resistencia a la sequía.

Lugares de colecta con mayor índice de aridez en el estado de Puebla. Se seleccionaron 10 colectas de maíz de ocho razas, ubicadas en zonas áridas de Puebla. La mayoría proviene de Totoltepec de Guerrero, razas como Olotón y Cónico, asociadas a los índices de aridez más bajos. San Jerónimo Xayacatlán y San Francisco Altepexi, con valores de IGA más altos. Las colectas más áridas provienen de la Mixteca, mientras que las de zonas más húmedas, de la Sierra Norte.

Conclusiones

Se identificaron 16 variables de pasaporte con correlación significativa con el Índice Global de Aridez.

Los días a floración femenina y masculina presentaron un patrón claro: precocidad en climas áridos y mayor duración en húmedos.

Los caracteres relacionados con la mazorca mostraron valores más altos en climas secos para brácteas de la cubierta y diámetro de olote, no así para longitud de mazorca, donde los valores más altos se ubican en zonas secas.

Las razas Chalqueño, Olotillo, Ancho y Pepitilla destacaron por su asociación a climas más secos.

El estudio confirma que la aridez influye en la expresión de caracteres del maíz, reflejando tanto selección natural como variabilidad genética. Esta información puede ser útil en la elección de fuentes de germoplasma con fines de mejoramiento genético para condiciones de aridez.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindar las instalaciones necesarias para llevar a cabo este trabajo de investigación, a los asesores que brindaron su apoyo y orientación. Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca proporcionada. De igual forma, a los autores del Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos por su contribución de información que enriqueció esta investigación.

Referencias bibliográficas

Estrada, F., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, O., & Botzen, W. (2022) Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture. *Regional Environmental Change*, 22(4):126. https://doi.org/10.1007/s10113-022-01986-0.

Jans, Y., von Bloh, W., Schaphoff, S., & Müller, C. (2021) Global cotton production under climate change – Implications for yield and water consumption. *Hydrology and Earth Systems Science*, 25(4), 2027–2044. https://doi.org/10.5194/hess-25-2027-2021.

Oktem, A. (2008). Effects of deficit irrigation on some yield characteristics of sweet corn. *Bangladesh Journal of Botany*, 37(2), 127–131.

Orozco-Ramírez, Q., Perales, H., & Hijmans, R. J. (2017) Geographical distribution and diversity of maize (Zea mays L. subsp. mays) races in Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64, 855–865. https://doi.org/10.1007/s10722-016-0405-0.

Zomer, R. J., & Trabucco, A. (2022) Version 3 of the “Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ETO) Database”. Estimation of Penman-Monteith Reference Evapotranspiration. *CGIAR-CSI GeoPortal.* Recuperado de https://cgiarcsi.community/2019/01/24/global-aridity-index-and potentialevapotraspiration-climate-database-v3/.

VARIEDADES DE AVENA (*Avena sativa* L.) DE TEMPORAL EVALUADAS ANTE CONDICIONES AMBIENTALES CONTRASTANTES

René Hortelano-Santa Rosa[1]*, Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[1], Eliel Martínez-Cruz[1], Julio Huerta-Espino[1]

INIFAP Campo Experimental Valle de México, Programa de trigo y Avena.
*Autor para correspondencia: hortelano.rene@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Avena sativa* L., avena grano, Valles Altos.

Introducción

La avena es el cultivo que ocupa el sexto lugar en cuanto a la superficie sembrada en México, con una superficie de 607158.22 hectáreas (ha), solo por debajo del maíz que ocupa el primer lugar, el sorgo, y trigo. Se emplea principalmente para la producción de forraje, debido a que es un excelente alimento para ganado por su alto contenido de proteína, carbohidratos y fibra. A nivel nacional la superficie sembrada de avena forrajera fue de 518, 413 ha, con una producción de 9, 445, 475 t, y un rendimiento promedio de 18.22 t ha^{-1}. En el caso de la avena para grano la superficie sembrada fue de 39, 899 ha, con una producción de 87, 744 t, y un rendimiento promedio de 2.2 t ha^{-1} (SIAP, 2025). El objetivo fue evaluar el comportamiento agronómico de variedades de avena de temporal, en los Valles Altos del Centro de México.

Materiales y métodos

Se incluyeron siete variedades de avena liberadas por INIFAP en diferentes épocas, que fueron Rubí, Ágata, Jade, Karma, Turquesa, Chihuahua y Avemex, evaluadas durante los ciclos P-V/2021 a P-V/2023. Se registraron las variables de días a espigamiento (DF), días a madurez fisiológica (DM), altura de planta (ALT) y rendimiento de grano (REND). Los ensayos se establecieron bajo el diseño experimental Bloques Completos con Tratamientos Aleatorizados (DBCTA) con dos repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 4 hileras con separación de 30 cm y 3.0 m de largo, siendo la parcela útil el total de la parcela experimental de 4.5 m^2 utilizando una densidad de 100 kg ha^{-1}. Se realizó un análisis de varianza general para detectar diferencias estadísticas utilizando el paquete SAS-2002 (Statistical Analysis System), así como un análisis de varianza por tipo de ambiente.

Resultados y discusión

Los rendimientos de grano variaron de 1675 kg/ha en la variedad Avemex, hasta 2958 en la variedad Rubí. Las variedades de más reciente liberación como Rubí, Ágata y Jade presentaron los más altos rendimientos de grano en general (Cuadro 1), este comportamiento se atribuye por un lado a que dichas variedades conservan la resistencia genética a las royas y enfermedades foliares y por el otro a que tienen mayor potencial genético de rendimiento de grano, lo que las capacita para afrontar las variaciones bruscas en la incidencia de los elementos climáticos, característica que hace referencia a la resiliencia de los materiales que conjuntan características innovadoras en su patrimonio genético. Las variedades Karma y Turquesa, que ya han ido perdiendo su resistencia genética a las royas y enfermedades foliares, mostraron rendimientos aceptables que fueron de 2.3 t ha^{-1}, ya que superan a la media nacional que es de dos toneladas por hectárea (SIAP, 2025).

Las diferencias en días a espigamiento (DF) tuvieron variaciones que fueron de 61 en Chihuahua a 66 en Avemex. Estas diferencias en esta variable contribuyen a indicar la duración del ciclo biológico de las variedades, aspecto que es muy importante en los ambientes de temporal, donde los entornos del ambiente son impredecibles, por lo que las variedades de avena más aptas para siembra, en estos sitios, serán las que se desempeñen mejor antes los escenarios del cambio climático global (Mooney & Hobbs, 1986).

Con respecto a los días a madurez fisiológica (DM), ésta presentó muy poca variación entre variedades, ya que las diferencias entre la más precoz y la más tardía, de este grupo evaluado, fue tan solo de tres días, aspecto muy importante en condiciones de temporal ya que en ocasiones las heladas tempranas siniestran los cultivos, por lo que la precocidad de los materiales viene a ser un tipo de escape a dichas inclemencias climáticas, ya que a largo plazo se espera variaciones considerables en las variaciones de temperatura y precipitación, lo que provocara que en las actuales regiones productoras de avena se vea afectado el logro de las cosechas si no se utilizan materiales con buena adaptabilidad (Billazón *et al*., 2017).

Cuadro 1. Evaluación agronómica de variedades de avena en ambientes de temporal contrastantes de Valles Altos, ciclos PV/2021, PV/2022 y PV/2023

Variedad	REND	DF	DM	ALT
Rubí	2958	62	104	110
Ágata	2533	63	104	104
Jade	2429	62	103	107
Karma	2378	61	102	104
Turquess	2323	62	101	101
Chihuahua	1938	61	101	100
Avemex	1675	66	103	114
Tukey (α=0.05)	303.63	1.48	2.16	5.80

REND= rendimiento de grano en kg/ha; DF= días a espigamiento; DM= días a madurez fisiológica; ALT= altura de planta en cm.

La altura re planta se mantuvo de 104 a 107 en variedades como Karma, Jade y Ágata, mientras que en Turquesa y Chihuahua fue de 100 cm, las variedades Rubí y Avemex fueron más altas evidenciando Rubí, además de ser ser productiva en grano también tiene vocación para forraje (Cuadro 1).
Cuando se consideran los resultados por tipo de ambiente (Figura 1) se encontró que todas mostraron rendimientos superiores a las 3.0 t ha^{-1}, aunque dentro de las mismas Rubí y Ágata fueron superiores en rendimiento de grano.

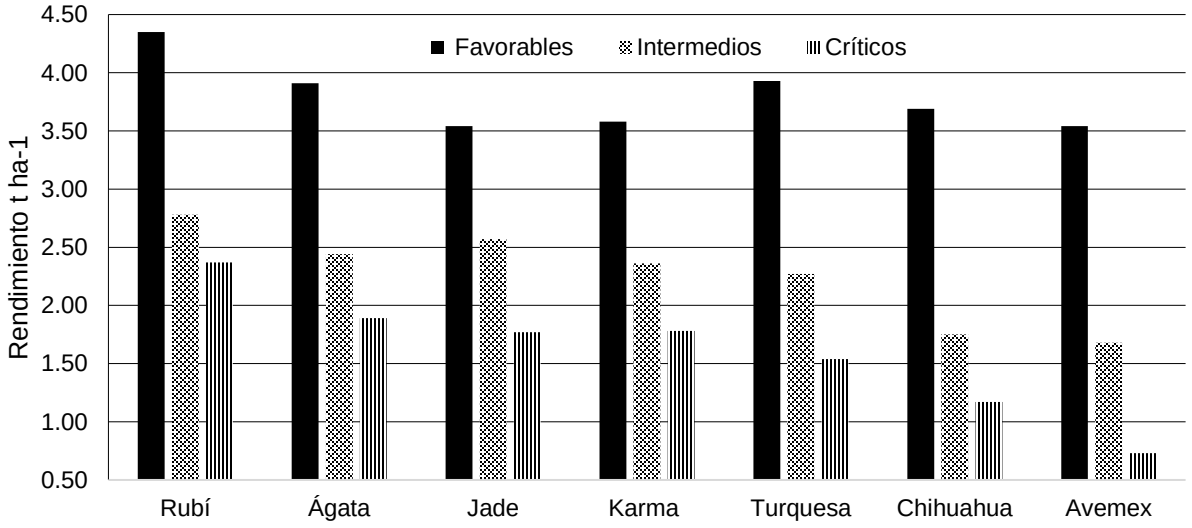


Figura 1. Rendimiento de grano de variedades de avena de temporal en 26 ambientes contrastantes, ciclos PV/2021, PV/2022 y PV/2023.

En ambientes intermedios se presentaron la misma tendencia, ya que todas disminuyeron en las mismas proporciones los rendimientos, de acuerdo a su potencial productivo, sin embargo, las variedades Rubí, Ágata y Jade también fueron las más productivas en este tipo de ambiente. Las mayores ventajas de las variedades Rubí, Ágata y Jade sobre el resto fue en ambientes críticos de producción, donde destacan con rendimientos de 1.7 a 2.3 t ha^{-1}., donde las variedades Turquesa, Chihuahua y Avemex presentaron los menores rendimientos.

Conclusiones

Las variedades de reciente liberación como Rubí, Ágata y Jade presentaron los más altos rendimientos en general, por lo que son recomendadas para siembras de primavera-verano en varias partes del país, mismas que resultaron ser las de mayor adaptabilidad y resiliencia. Las variedades Karma y Turquesa se mantuvieron con rendimientos aceptables aun en condiciones críticas de producción. Las variedades

Turquesa y Avemex presentaron menores rendimientos en ambientes intermedios y críticos de producción, debido a la susceptibilidad a las royas, por lo que no serían buena opción de siembra.

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece a INFAP por el financiamiento al proyecto “Generación de Variedades de avena para incrementar la productividad en México”, SIGI: 9165636496.

Referencias bibliográficas

Mooney H. A. and Hobbs R. J. (1986). Resilience at the individual level. *In:* B. Dell, A. l. M. Hopkins and B.B. Lamont (eds.), Resilience in Mediterranean-type Ecosystems. Dr W. Junk Publishers, Dordrecht.

Villazón B. D., Rubio A. H., Ochoa R. J. M. y de la Mora C. (2017). Pronóstico productivo de la avena forrajera de temporal por efecto del cambio climático en el noroeste de Chihuahua, México. Nova scientia 9(19): 551-567.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2025) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (octubre 2024).

SAS Institute (2002) SAS/STAT® User’s Guide. Cary, NC. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE VARIEDADES DE TRIGO HARINERO DE TEMPORAL EN VALLES ALTOS DE MÉXICO

René Hortelano-Santa Rosa[1]*, Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[1], Eliel Martínez-Cruz[1], Julio Huerta-Espino[1]

INIFAP Campo Experimental Valle de México, Programa de trigo
*Autor para correspondencia: hortelano.rene@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Triticum aestivum* L., trigo harinero, trigo de temporal.

Introducción

En el 2024 la producción de trigo en México se obtuvo principalmente de los estados de Sonora, que es el principal estado productor (50.64 %); seguido por Michoacán (8.61 %), Guanajuato (7.55 %), Baja California (6.68 %), Sinaloa (6.35 %), Chihuahua (4.81 %), Tlaxcala (4.13 %), Nuevo león (3.04 %) y Oaxaca (2.18 %), que en conjunto representaron cerca del 94 % de la superficie sembrada en el país (SIAP, 2025). En condiciones de temporal, la superficie sembrada con este cultivo es muy fluctuante, y en los Valles Altos de México en los estados de México, Hidalgo, México, Puebla, Tlaxcala y Zacatecas se siembra cuando se inicia la temporada de lluvias en los meses de abril, mayo y junio, tiempo suficiente para que se coseche a principios del invierno, por lo que las condiciones referidas constituyen un factor que determina el comportamiento agronómico y fitopatológico de las mismas ante los nuevos escenarios del cambio climatico. Dentro de las enfermedades que atacan al cultivo de trigo, la roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Erikss) es una de las principales y tiene presencia en todas las zonas trigueras de temporal en México, como en los Valles Altos, donde prevalecen condiciones favorables que en temporada de lluvias propician la presencia de esta enfermedad. Sin embargo, la incidencia y severidad varia de una temporada a otra, ya que para que se dé la infección se deben tener en cuenta las interacciones de: una planta susceptible, un patógeno virulento y condiciones ambientales favorables para el desarrollo de huésped y patógeno (Dotor y Cabezas, 2014). Por lo el objetivo fue determinar el comportamiento agronómico de variedades de trigo harinero de temporal en distintas localidades de los Valles Altos de México.

Materiales y métodos

Se incluyeron seis variedades de trigo harinero liberadas en diferentes épocas por INIFAP, que fueron Rebeca F2000, Nana F2007, Valles F2015, Texcoco F2016, Nely F2022 y Terre F2022, evaluadas durante los ciclos primavera-verano (P-V) P-V/2021, P-V/2022 y P-V/2023. Se registraron las variables de días a floracion (DF), días a madurez fisiológica (DM), altura de planta (ALT) Y rendimiento de grano (REND). Los ensayos se establecieron bajo el diseño experimental Bloques Completos con Tratamientos Aleatorizados (DBCTA) con dos repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 4 hileras con separación de 30 cm y 3.0 m de largo, siendo la parcela útil el total de la parcela experimental 4.5 m^2 utilizando una densidad de 110 kg ha^{-1}. Se registraron los porcentajes de infección de roya amarilla en las localidades donde se presentó el hongo de manera natural. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza general y comparación de medias para detectar diferencias entre genotipos. SAS-2002 (Statistical Analysis System).

Resultados y discusión

El comportamiento de las variedades se presenta en el Cuadro 1, donde se aprecia que el rendimiento de grano osciló de 2083 kg ha^{-1} en la variedad Nana F2007, que fue la de menor rendimiento de grano de todas las variedades evaluadas, hasta 5104 kg/ha en la variedad Terre F2022 siendo esta la de mayor rendimiento en general. La diferencia entre ambas variedades fue de 3021 kg ha^{-1}, que representa el 59 %. Cuatro variedades presentaron rendimientos aceptables mayores a 4000 kg ha^{-1} (Nely F2022, Valles F2015, Texcoco F2016 y Rebeca F2000), muy superiores a la media nacional para condiciones de temporal que es de 2000 kg/ha.

El comportamiento del rendimiento de grano se atribuye, por un lado, al potencial genético de las mismas variedades, es decir, las variedades que presentaron los mayores rendimientos de grano fueron las de más reciente liberación como Terre F2022 y Nely F2022, liberadas ambas en el 2022, y por otro lado a la resistencia genética que tienen las variedades a las razas actuales de roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) que se presentan en las zonas productoras de trigo de temporal en Valles altos (Cuadro 2).

Cuadro 1. Medias de variables por variedad en general, promedio de 29 ambientes de temporal en localidades de valles Altos, ciclos P-V/2021, P-V/2022 y P-V/2023.

Variedad	REND	kgDif.	%Dif.	DF	DM	ALT
Terre F2022	5104			59	113	80
Nely F2022	4932	172	-3	62	115	82
Valles F2015	4232	873	-17	61	115	85
Rebeca F2000	4029	1075	-21	65	118	84
Texcoco F2016	4029	1075	-21	58	113	83
Nana F2007	2083	3021	-59	58	108	80
Tukey (α=0.05)	347.9			0.6	1.2	3.1

REND= rendimiento de grano; kgDif.= diferencia en $kgha^{-1}$ con respecto a Terre F2022; %Dif.= diferencia en porcentaje con respecto Terre F2022; DF= días a floración; DM= días a madurez fisiológica; ALT= altura de planta.

Cuadro 2. Porcentaje de infección de roya amarilla en el follaje en variedades de trigo harinero de temporal, en localidades de Valles Altos.

Variedades	Terrenate	Fco. I. Madero	Nanacamilpa
Terre F2022	0-5	0-5	0-5
Nely F2022	0-5	0-5	0-5
Texcoco F2016	5-10	0-15	5-10
Valles F2015	15-20	5-10	5-20
Nana F2007	30-80	50-60	30-70
Rebeca F2000	5-10	5-20	5-20

Los porcentajes son valores mínimos y máximos registrados en las variedades.

Las variedades que mantuvieron buena resistencia genética fueron, invariablemente, Terre F2022 y Nely F2022 con grado de infección de 0-5 %, variedades que son de reciente liberación, así como la variedad Texcoco F2016 que se liberó en 2016, con infecciones que fueron del 5-10 % y que conserva todavía residencia genética a dicho patógeno (Villaseñor *et al*., 2009). Las variedades más antiguas han perdido su resistencia por la constante evolución del patógeno hacia nuevas razas, por lo que para lograr rendimientos aceptables se deben hacer de una a dos aplicaciones de fungicida durante el ciclo, aumentando los costos de producción del cultivo (Singh *et al*., 2004).

Conclusiones

Las variedades de reciente liberación Terre F2022 y Nely F2022 presentaron los más altos rendimientos, oscilando las 5.0 toneladas por hectárea, semejante a la media nacional en condiciones de riego. Las variedades Terre F2022 y Nely F2022 presentaron baja incidencia de roya a amarilla que se asoció a un mayor rendimiento de grano. La variedad Nana F2007 presentó el menore rendimiento, por lo que no se recomienda seguirse sembrando, debido a su susceptibilidad a la roya amarilla.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a INFAP por el financiamiento al proyecto “Programa Nacional de Mejoramiento Genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable de trigo en México”, SIGI: 153335532

Referencias bibliográficas

Dotor R. D. M. y. Cabezas G. M. (2014). Mecanismos de resistencia sistémica en plantas. Acta Iguazu, 3(2), 1-19. doi:10.48075/actaiguaz.v3i2.10277.).

SAS Institute (2002) SAS/STAT User´s Guide Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5136 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2025). México. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. *On Line*: http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/ (consultado febrero 2025).

Villaseñor E. O. M., Huerta E. J., Leyva M. S. G., Villaseñor M. H. E., Ravi S., Sandoval I. J. S y Espitia R. E. 2009. Genética de la resistencia a roya amarilla en plantas adultas de trigo harinero. Rev. Fitotecnia Mexicana 32 (3) p 217-223.

Singh R. P., Huerta E. J., Pfeiffer W., and Figueroa L. P. 2004. Ocurrence and impact of a new leaf rust race on durum wheat in northwestern Mexico from 2001 to 2003. Plant Dis. 88:703-708.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y RENDIMIENTO EN VARIEDADES DE CEBADA MALTERA

Miguel González-González[1]*, María Florencia Rodríguez-García[1], Andrés Mandujano-Bueno[2]

[1]CE Valle de México CIRCE-INIFAP; [2]CE Bajío CIRCE-INIFAP.
*Autor para correspondencia: gonzalez.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Productividad, resistencia, tipos de cebada.

Introducción

El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) se ubica entre los primeros cuatro de mayor importancia a nivel mundial. En México, este cereal es considerado una excelente alternativa de producción debido a sus características como rusticidad y ciclo de cultivo corto. En los valles altos del centro de México, la cebada se cultiva bajo condiciones de temporal (secano); el grano cosechado es aprovechado para producir malta, materia prima en la industria cervecera. Durante el año 2023 en el país se cosecharon 304 611 ha obteniendo un volumen de producción de 832 037 toneladas, el rendimiento promedio nacional fue de 2.8 t ha^{-1} (SIAP, 2025). En secano se cosecharon 244 984 ha de las que se obtuvieron 523 000 t; el rendimiento medio fue de 2.13 t ha^{-1}. Los cinco estados con mayor superficie cultivada contribuyeron con el 92.0 % de la producción de temporal: Hidalgo (32.44 %), Tlaxcala (23.67 %), Puebla (23.20 %) y Estado de México (12.7 %). La preferencia de la industria maltera-cervecera por variedades de dos hileras de grano en la espiga ha desplazado la siembra de genotipos de seis hileras. Sin embargo, la productividad de las variedades sembradas está condicionada por factores bióticos y abióticos destacando por su importancia la disponibilidad de humedad, heladas e incidencia de enfermedades (González *et al*., 2016; Rodríguez-García *et al*., 2021). Se planteó como objetivo evaluar el comportamiento agronómico, rendimiento de grano, características de grano y la resistencia a enfermedades en variedades de cebada maltera nacionales e introducidas sembradas bajo condiciones de temporal.

Materiales y métodos

Durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2022 se evaluaron en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX-INIFAP), bajo condiciones de temporal, 11 variedades de cebada maltera. En el ensayo se incluyeron variedades con diferente número de hileras de grano en la espiga: 5 variedades de seis hileras y 6 genotipos de dos hileras. El experimento fue establecido bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por 4 surcos de 3 metros de longitud y 0.3 m de separación. La fertilización, aplicada al momento de la siembra, se realizó con la fórmula 60-40-30 (N-P-K). Se registraron datos de las variables días a espigamiento, días a madurez fisiológica, altura de la planta, severidad de la enfermedad, peso hectolítrico y rendimiento de grano. La información obtenida fue analizada auxiliándose del paquete estadístico SAS 9.3 donde se realizó análisis de varianza y comparación de medias de Tukey (α=0.05).

Resultados y discusión

Entre los resultados más sobresalientes se observó en los genotipos evaluados el siguiente comportamiento: variación de 50 a 72 días a espigamiento (Cuadro 1); las variedades generadas por el INIFAP fueron los genotipos más precoces, todas de seis hileras de grano en la espiga. En el germoplasma de 2 hileras se observó un comportamiento tardío. La madurez fisiológica se presentó en promedio a los 118 dds.; nuevamente los genotipos de seis hileras fueron los más precoces y las variedades de dos hileras las más tardías. La variedad Meztli, el genotipo más tardío, supero en al menos 40 días a la variedad más precoz (Esperanza). Con respecto a la altura de la planta, los valores registrados fueron en general similares entre ellas; los datos más contrastantes se observaron en Alina quién registro la mayor altura, mientras que Brennus fue la de menor tamaño.

Con respecto al peso hectolítrico (PH) sus valores se distribuyeron entre 53.2 y 63.59 kg hL^{-1}. Los genotipos de seis hileras presentaron los valores más bajos. Con excepción de ABI Growler, las variedades de dos hileras registraron valores de peso específico del grano superiores a los 60 kg hL^{-1}. Estos resultados evidencian superioridad en el PH de los genotipos de dos hileras sobre las de seis hileras. De acuerdo con González *et al*. (2013), el valor de esta variable está relacionada con la textura del endospermo o con el contenido de proteína, siendo un parámetro muy importante en la industrialización de la cebada maltera, sus valores influyen directamente en el rendimiento y la calidad de los productos terminados. El rendimiento

de grano mostró valores muy contrastantes y se distribuyó entre 11875.0 a 3618.1 kg ha^{-1}. Las variedades de seis hileras Alina, Esmeralda y Armida, fueron las de mayor rendimiento; Alina superó a ABI Growler en más de 2400 kg. Entre las variedades de dos hileras, solo Prunella tuvo un rendimiento estadísticamente similar a Armida, las cinco variedades restantes, tuvieron rendimientos inferiores a los 2300 kg ha^{-1} y tres de ellas: Brennus, AC Metcalfe y ABI Growler, registraron rendimientos por debajo de los 2000 kg ha^{-1}.

Cuadro 1. Comportamiento agronómico y rendimiento de grano promedio en variedades de cebada bajo condiciones de temporal.

VARIEDAD	NH	DE (dds)	DM (dds)	AP (cm)	PH (kg hL^{-1})	REND (kg ha^{-1})
Alina	6	53 ef	108 c	71 a	59.60 abcd	3618.10 a
Esmeralda	6	50 f	102 de	66 ab	55.31 de	3537.50 a
Armida	6	53 ef	107 cd	69 ab	57.58 bcde	3473.80 ab
Prunella	2	69 ab	140 a	68 ab	61.47 ab	2933.30 bc
Doña Josefa	6	57 ed	103 de	66 ab	56.33 cde	2833.30 c
Esperanza	6	53 ef	98 e	63 ab	53.20 e	2822.50 cd
ABI Voyager	2	63 cd	124 b	68 ab	63.59 a	2250.00 de
Meztli	2	69 ab	139 a	64 ab	60.82 abc	2137.50 e
Brennus	2	72 a	135 a	54 c	60.51 abc	1875.00 e
AC Metcalfe	2	64 bc	125 b	68 ab	61.50 ab	1870.80 e
ABI Growler	2	70 ab	127 b	62 bc	58.84 abcd	1208.30 e
MEDIA		*61.05*	*118.64*	*65.18*	*58.98*	*2596.39*
DMSH		*6.27*	*5.16*	*8.01*	*4.95*	*574.83*

NH: Número de hileras; DE: Días a espigamiento; DM: Días a madurez fisiológica; AP: Altura de la planta; PH: Peso hectolítrico; REND: Rendimiento de grano. Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

La respuesta a las enfermedades mostró resultados contrastantes, principalmente entre los dos tipos de cebada (Figura 1). Roya de la hoja (RH), fue la más común y se observó en todos los genotipos excepto en Brennus; las variedades de seis hileras fueron más susceptibles a esta enfermedad y fue el principal problema que se presentó en este tipo de cebadas. Roya lineal o amarilla (RLA) no se observó en los genotipos de seis hileras, a diferencia de las de dos hileras, en donde sí se presentó la enfermedad siendo ABI Growler y Meztli las más susceptibles, lo que coincide con Rodríguez-García *et al*. (2021), quienes indican que las variedades comerciales de dos hileras no tienen resistencia genética a esta enfermedad. Mancha en red (MR) se presentó en baja proporción en Armida y Alina, no así en las variedades Prunella, Brennus y Meztli, donde los valores registrados superaron el 30 % de incidencia. Para mancha marrón (MM) únicamente se observó en Alina (3 %). De acuerdo con los resultados se observa que, las variedades de seis hileras son resistentes a las manchas foliares y RLA, pero susceptibles a RH. Por su parte, las variedades de dos hileras fueron más susceptibles al ataque de las principales enfermedades del cultivo de cebada, siendo las enfermedades foliares (Mancha en red) y royas (RLA y RH) sus principales problemas.

Conclusiones

Las variedades de cebada de seis hileras evaluadas tuvieron un mejor comportamiento agronómico en comparación con las de dos hileras. Alina, Esmeralda y Armida superaron el rendimiento de Prunella en 23, 21 y 18 %, respectivamente. Los valores de peso hectolítrico fueron mayores en los genotipos de dos hileras. Las variedades de seis hileras fueron resistentes a las enfermedades causadas por roya lineal o amarilla y manchas foliares, a diferencia de las de dos hileras que fueron susceptibles al ataque de los patógenos que se presentaron en el cultivo de cebada bajo condiciones de temporal, siendo las enfermedades foliares (Mancha en red) y royas (RLA y RH) sus principales problemas.

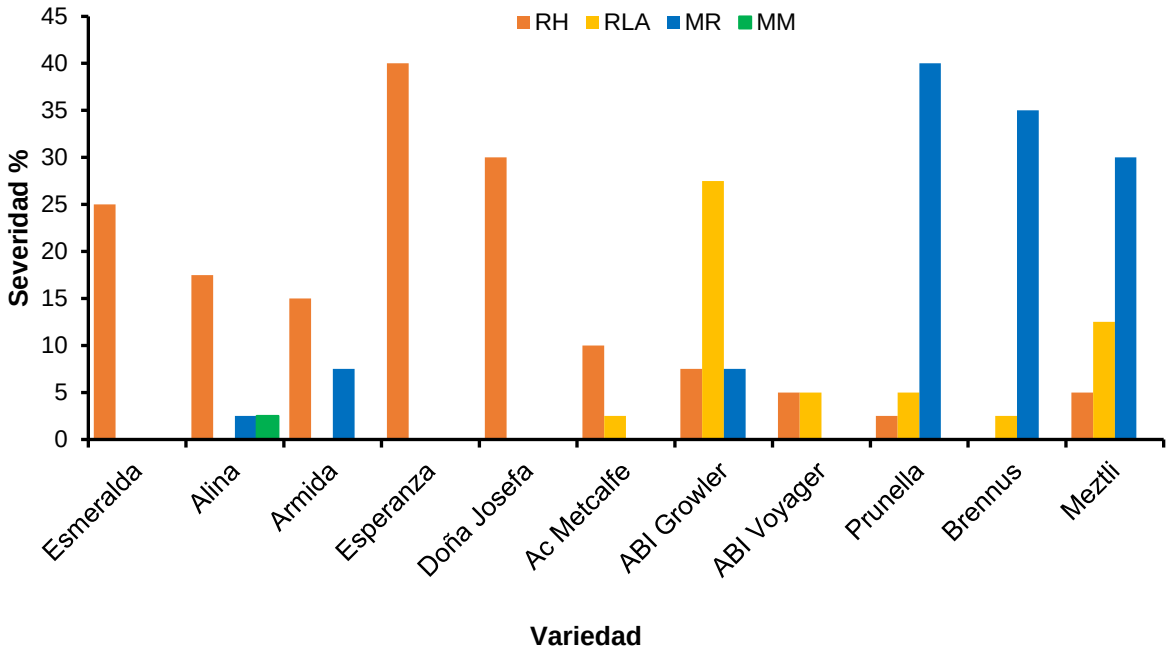


Figura 1. Severidad de enfermedades en variedades de cebada evaluadas bajo condiciones de temporal. RH: Roya de la hoja; RLA: Roya lineal o amarilla; MR: Mancha en red; MM: Mancha marrón.

Agradecimientos y fuente financiadora
Los autores agradecen al INIFAP por el financiamiento económico del proyecto de investigación No. SIGI: 12532434778.

Referencias bibliográficas

González, G. M., Zamora, D. M., Huerta Z. R. y Solano, H. S. 2013. Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(8):1237-1250.

González, G. M., Zamora, D. M. y Solano, H. S. 2016. Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(1):159-171.

Rodríguez-García, M. F., González-González, M., Huerta-Espino, J. and Solano-Hernández, S. 2021. Fungicides evaluation against yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) in six barley cultivars. Mexican Journal of Phytopathology 39(3): 414-434.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2025. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consulta: 2 de mayo de 2025.

PRODUCTIVIDAD EN LÍNEAS DE CEBADA MALTERA

Miguel González-González[1]*, María Florencia Rodríguez-García[1], Andrés Mandujano-Bueno[2]

[1]CE Valle de México CIRCE-INIFAP; [2]CE Bajío CIRCE-INIFAP.
*Autor para correspondencia: gonzalez.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimiento, resistencia, cebada de temporal.

Introducción

El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en México ha sido una alternativa de producción para los productores cebaderos de riego y temporal (secano). En el año 2023 se cosecharon a nivel nacional 304 611 ha obteniéndose 832 037 toneladas de grano; el rendimiento promedio nacional fue de 2.8 t ha^{-1} (SIAP, 2025). En secano la superficie cosechada fue de 244 984 ha alcanzado un volumen de producción de 523 000 t y rendimiento medio de 2.13 t ha^{-1}. El 89.5 % de la superficie cultivada se realizó en cuatro estados: Hidalgo (39.5 %), Tlaxcala (21.3 %), Estado de México (15.1 %) y Puebla (13.6 %); además, estos estados contribuyeron con el 92 % de la producción de grano de temporal. El grano de cebada cosechado es transformado en malta, materia prima de la industria cervecera. Diversos factores limitan la productividad del cultivo las principales se relacionan con factores bióticos y abióticos como disponibilidad de humedad, heladas, enfermedades, entre otros (González *et al*., 2018). Las variedades sembradas también juegan un papel crucial en la productividad de este cereal; actualmente, las de dos hileras de grano en la espiga son las que demanda la industria maltera-cervecera. El objetivo de este trabajo fue evaluar en condiciones de temporal el comportamiento agronómico, la resistencia a enfermedades y el rendimiento de grano en líneas elite de cebada maltera de dos hileras de grano en la espiga generadas por el INIFAP.

Materiales y métodos

En el ciclo agrícola de temporal primavera-verano de 2022 fueron evaluados en terrenos de las instalaciones del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX-INIFAP), 8 genotipos de cebada de dos hileras de grano en la espiga bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. El ensayo estuvo integrado por 7 líneas elite de cebada y como testigo se incluyó la variedad comercial Meztli. La fertilización, aplicada en su totalidad al momento de la siembra, fue realizada con base en la fórmula 60-40-30 (N-P-K). La unidad experimental consistió de 4 surcos de 2 metros de longitud y 0.3 m de separación. Se registraron datos de las variables: días a espigamiento, días a madurez fisiológica, altura de la planta, resistencia a enfermedades, peso hectolítrico y rendimiento de grano. Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y comparación de medias de Tukey (α=0.05), auxiliándose del paquete estadístico SAS 9.3.

Resultados y discusión

El comportamiento promedio de cada variable evidenció diferencias estadísticas entre los genotipos evaluados (Cuadro 1). Para días a espigamiento (DE), se observó variación de 56 a 69 días; las líneas LIN-7341, LIN-7336 y LIN-7346 fueron las más precoces, mientras que, la más tardía fue la variedad Meztli. La madurez fisiológica (DM) se alcanzó en promedio a los 107 días después de la siembra (dds). La variedad Meztli tuvo un comportamiento tardío; por su parte, las líneas evaluadas fueron de ciclo precoz destacando LIN-7314, LIN-7341 y LIN-7346, estas últimas dos líneas también tuvieron un comportamiento precoz en DE. Con respecto a la variable altura de la planta, los valores registrados se distribuyeron entre 62 y 74 cm, alturas consideradas adecuadas para la producción de cebada en condiciones de temporal.

Con respecto a las enfermedades que se presentaron durante el ciclo de cultivo, en general, se observaron valores de severidad bajos a causa de afectaciones por royas y enfermedades foliares. La resistencia genética a las enfermedades es una característica fundamental que deben tener los genotipos de cebada recomendadas para siembra en cualquier condición de producción. Para roya de la hoja, en todos los genotipos evaluados se observaron signos de la enfermedad con porcentajes de severidad máximo de 10 %; González *et al*. (2013) indican que esta enfermedad es común en todas las zonas productoras del país, ocasionado disminución del rendimiento de grano en más del 30 % en genotipos susceptibles (González y Rodríguez 2023). En ninguna línea se observó roya lineal o amarilla (RLA); en cambio, en el testigo Meztli se observaron signos con valor de 7.5 % de severidad. Las líneas evaluadas mostraron resistencia alta a esta enfermedad por lo que el 100% de ellas tuvo respuesta inmune a RLA, enfermedad considerada de

mayor impacto en el cultivo de cebada y que, según Rodríguez *et al*. (2021), las variedades de dos hileras que se comercializan o recomienda en la actualidad son susceptibles.

Cuadro 1. Comportamiento agronómico y rendimiento de grano promedio en líneas elite de cebada de dos hileras bajo condiciones de temporal.

GENOTIPO	DE (dds)	DM (dds)	AP (cm)	RH (%)	RLA (%)	MR (%)	pH (kg hL^{-1})	RTO (kg ha^{-1})
Alexia*	58.5 bcd	105.5 bc	74.0 a	7.5 ab	0 b	0 b	58.83 b	3291.7 a
LIN-7336	56.5 de	106.0 b	68.5 ab	10.0 a	0 b	0 b	62.50 a	3187.5 ab
LIN-7346	57.0 cde	102.0 bc	69.5 ab	1.0 b	0 b	0 b	58.01 b	2716.7 bc
LIN-7341	56.0 e	100.0 c	71.0 a	1.0 b	0 b	0 b	60.82 ab	2687.5 bc
Frida*	59.0 bc	104.5 bc	66.0 ab	5.0 ab	0 b	0 b	60.69 ab	2595.8 c
LIN-7314	59.5 b	100.0 c	68.0 ab	1.0 b	0 b	0 b	58.83 b	2279.2 cd
LIN-7315	59.5 b	102.5 bc	65.5 ab	3.0 ab	0 b	0 b	60.45 ab	2000.0 d
Meztli	68.5 a	132.5 a	62.0 b	5.0 ab	7.5 a	25 a	62.15 a	1962.5 d
DMSH	*2.27*	*5.65*	*8.57*	*7.23*	*5.14*	*10.28*	*2.87*	*526.77*
MEDIA	*59.31*	*106.63*	*68.06*	*4.19*	*0.94*	*3.13*	*60.28*	*2590.10*

DE: Días a espigamiento; DM: Días a madurez; AP: Altura de la planta; RH: Roya de la hoja; RLA: Roya lineal o amarilla; MR: Mancha en red; PH: Peso hectolítrico; RTO: Rendimiento de grano. Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Entre las enfermedades foliares que son comunes en el cultivo, únicamente se presentó mancha en red (MR), observándose solo en la variedad Meztli con 25 % de severidad. En las distintas regiones productoras de cebada a nivel nacional, actualmente la mancha en red es común en los genotipos comerciales de cebada de dos hileras recomendados por los consorcios cerveceros, situación que explica que solo el testigo fuera afectado en un porcentaje alto de severidad. Cabe destacar el alto nivel de resistencia genética de las líneas contra MR, las cuales tuvieron una respuesta de inmunidad ante esta enfermedad.

Todos los genotipos evaluados registraron valores de peso hectolítrico (PH) superiores al mínimo especificado (58 kg hL^{-1}) en la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 para la comercialización de cebada en México. Este parámetro está relacionado con la calidad del grano y aunque no se relaciona directamente con el rendimiento, es un parámetro muy importante en la industrialización de la cebada maltera ya que sus valores influyen directamente en el rendimiento y calidad de los productos terminados (González *et al*., 2013). Los valores más altos para esta variable fueron registrados en las líneas LIN-7336 (62.50 kg hL^{-1}), Meztli (62.15 kg hL^{-1}) y LIN-7341(60.82 kg hL^{-1}).

Para rendimiento de grano los resultados obtenidos mostraron valores contrastantes distribuyéndose entre 1 962 y 3 292 kg ha^{-1}, los mayores valores fueron registrados en Alexia*, LIN-7336, LIN-7346 y LIN-7341 y superaron al testigo (Meztli) en 68, 62, 38 y 37 %, respectivamente; Frida* la superó en más de 633 kg lo que equivale a 32 %. La línea LIN-7315 tuvo un rendimiento similar estadísticamente a Meztli. En los programas de mejoramiento genético, se prefieren genotipos con altos rendimientos y que a su vez también tengan un alto PH como los observados en LIN-7336, a diferencia de lo observado en LIN-7346 donde el rendimiento es alto, pero el PH fue el más bajo. El comportamiento agronómico, la resistencia a enfermedades, el peso volumétrico del grano, así como en el rendimiento de grano observados son un reflejo del arduo trabajo realizado en la aplicación de los criterios de selección durante el proceso de mejoramiento genético de las líneas evaluadas, cuyas características muestran su potencial para cultivarse en condiciones de secano.

Conclusiones

Todas las líneas evaluadas superaron en rendimiento de grano al testigo. Las líneas con mayor rendimiento fueron Alexia*, LIN-7336, LIN-7346 y LIN-7341 y superaron al testigo en 68, 62, 38 y 37 %, respectivamente. Los genotipos LIN-7336 (62.50 kg hL^{-1}), Meztli (62.15 kg hL^{-1}) y LIN-7341(60.82 kg hL^{-1}) registraron los valores más altos de peso hectolítrico. Las líneas evaluadas fueron de ciclo precoz y resistentes a las

enfermedades comunes del cultivo de cebada. El comportamiento observado en las líneas evaluadas es ideal para su cultivo en condiciones de temporal.

Agradecimientos y fuente financiadora
Los autores agradecen al INIFAP por el financiamiento económico del proyecto de investigación No. SIGI: 12532434778.

Referencias bibliográficas

González, G. M. y Rodríguez, G. M. F. 2023. Respuesta de variedades de cebada a fungicidas para el control de roya de la hoja. International Journal of Innovation and Applied Studies. 39(4):1475-1483.

González, G. M., Solano H, S. y Rodríguez G. M. F. 2018. Comportamiento agronómico en líneas de cebada para Valles Altos. ACTA FITOGENÉTICA 5(1):54.

González, G. M., Zamora, D. M., Huerta Z. R. y Solano, H. S. 2013. Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(8):1237-1250.

Rodríguez-García, M. F., González-González, M., Huerta-Espino, J., and Solano-Hernández, S. 2021. Fungicides evaluation against yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) in six barley cultivars. Mexican Journal of Phytopathology 39(3): 414-434.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2025. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consulta: 2 de mayo de 2025.

RESISTENCIA A LA ROYA DEL TALLO CAUSADA POR *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* EN LÍNEAS Y VARIEDADES DE AVENA

Julio Huerta-Espino[1*], Yerica Renata Valdez-Rodriguez[2], Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[1], René Hortelano-Santa Rosa[1], Eliel Martínez-Cruz[1], Enrique López-Ventura[1]. Victor Manuel Arzola-Mora[1]

[1]Campo Experimental Valle de México-INIFAP, [2]PREGEP-Genética, Colegio de Postgraduados.
*Autor para correspondencia: huerta.juio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Puccinia graminis*, resistencia a royas, *Avena sativa.*

Introducción

En México la avena se siembra en un 85 % bajo condiciones de temporal y el 75 % de su producción se destina como forraje, de 1995 a 2018 se ha incrementado el área sembrada de aproximadamente de 500 mil a cerca de 900 mil hectáreas (Villaseñor-Mir *et al*., 2021). La avena es un cereal con buena adaptabilidad tanto a zonas altas, frías y lluviosas, como en ambientes semiáridos, y es buena alternativa cuando los cultivos de maíz, frijol, trigo o cebada se siniestran por sequía o heladas tempranas. La avena al igual que otros cultivos, se enfrenta a factores abióticos y bióticos que limitan su potencial de rendimiento de grano y forraje. Dentro de los factores bióticos, la roya del tallo causada por *Puccinia graminis* f.sp. *avenae* es la principal limitante de su producción, ya que puede ocasionar pérdidas hasta del 70 % (Villaseñor-Mir *et al*., 2021). En la zona de los valles Altos se han identificado hasta 62 razas fisiológicas de *P. graminis* f.sp. *avenae* (Zamudio-Colunga *et al*., 2023), la evolución continua de este patógeno favorece la aparición de nuevas variantes, lo que provoca que las variedades cultivadas se vuelvan susceptibles. El programa de mejoramiento genético de avena del INIFAP se enfoca en estudiar las poblaciones del patógeno y hacer cruzamientos para incorporar resistencia para liberar variedades con mayor potencial de rendimiento y resistentes a la roya del tallo para el beneficio de la producción nacional y de los productores de avena del país. Por lo anterior, se planteó como objetivo identificar líneas de avena resistentes a la roya del tallo y con mayor potencial de rendimiento (su comportamiento en referencia a las variedades testigo) para su posible liberación como variedades.

Materiales y métodos

Las líneas avanzadas y variedades que conjuntaron el 20° Vivero de Selección de Avena (20°VISAVENA) y el 22° Ensayo Uniforme de Avena (22°EUAVENA) fueron evaluadas en campo en diferentes localidades y fechas de siembra durante el ciclo Primavera-Verano 2024. El 20°VISAVENA fue conformado por 46 líneas y dos variedades testigo (Turquesa y Rubí), mientras que en el 22°EUAVENA por 34 líneas y 16 variedades testigo incluyendo Turquesa, Ágata, Jade, Rubí y Zafiro recientemente liberada. Los ensayos se establecieron en Chapingo en tres fechas de siembra y dos en Santa Lucía, Estado de México. Además, una fecha en Francisco I. Madero y Terrenate, Tlaxcala. La severidad de la roya del tallo se registró cuando los signos de la enfermedad fueron visibles en la Variedad Ópalo, que es la más susceptible y, para ello se usó la escala modificada de Cobb que mide el grado de infección en porcentaje, así como la respuesta de la planta sugerida por Roelfs *et al*. (1992).

Resultados y discusión

Las condiciones de humedad y temperatura en todas las localidades propiciaron el desarrollo de la epidemia de roya del tallo lo que permitió distinguir las resistentes de las susceptibles. Con la excepción de la localidad de Francisco I. Madero donde no se incidencia de roya. Todas las líneas de avena incluidas en el 20°VISAVENA mostraron una respuesta casi inmune a la roya del tallo bajo infección natural en campo. Solo la variedad testigo Turquesa alcanzó un máximo de infección de 40MS, como se ilustra en el Cuadro 1. Las líneas seleccionadas del VISAVENA se seguirán evaluando en localidades y años en ensayos de rendimiento con repeticiones para identificar las más estables, de buen tipo agronómico y con alto potencial de rendimiento.

En el Cuadro 2 se muestran algunas las líneas del 22°EUAVENA, destacadas tanto por su resistencia a la roya del tallo como por su alto potencial de rendimiento. Estas líneas seguirán siendo evaluadas en ambientes contrastantes con el objetivo de identificar los genotipos más sobresalientes para satisfacer la demanda de nuevas variedades en México.

Cuadro 1. Respuesta de variedades testigo y líneas sobresalientes de avena a la roya del tallo, evaluadas en el 20°VISAVENA en diferentes localidades y fechas de siembra en los Valles Altos de México, ciclo P/V2024.

No.	Genealogía/Pedigre	Severidad[1] (%)
1	GLADIOLA.B/5/KAR/GAL//CIR/KAR/3/BLEN//KAR/4/IORN.S97CV.8A	0
3	AGATA/3/X93AB.47=UFR95.88.1980/GUAIBA.SEL.1.CTC.84B993//PMG.81.81.65(19C.0C)/5/KAR/GAL//CIR/KAR/3/BLEN//KAR/4/IORN.S97CV.8A	0
46	RUBI//AGATA.A/DIAM	0
48	GLADIOLA.B//AGATA.A/DIAM	0
49	RUBI/5/AGATA/3/X93AB.47.UFR95.88.1980/GUAIBA.SEL.1.CTC.84B993//PMG.81.81.65(19C.0C)	0
50	GLADIOLA.B/5/AGATA/3/X93AB.47.UFR95.88.1980/GUAIBA.SEL.1.CTC.84B993//PMG.81.81.65(19C.0C)	0
13	RUBÍ	5MS
10	TURQUESA	40MS

[1]en la escala 0= inmune, R = Resistente, MS= moderadamente susceptible y S = Susceptible. (Roelfs *et al*., 1992).

Cuadro 2. Líneas de avena seleccionadas por su alto potencial de rendimiento y su respuesta a la roya del tallo evaluadas en el 22°EUAVENA en diferentes localidades y fechas de siembra en los Valles Altos de México, ciclo P/V2024.

No.	Cruza/pedigree	Severidad Maxima1 (%)
44	(GLADIOLA.B/…./IORN.S97CV.8A).47.5	0
25	(KAR/GAL//CIR/…../TULIPAN"J").2	0
29	(AZURITA/KAR/…../81.65(19C.0C)).3	0
15	PMG1//83.109.....CTC.84B993(B)	0
19	(TULIPAN.A/TEPORACA).3	0
18	(A.NUDA….KAR.A/JADE.R).2	0
17	KAR/RARA//.../7/KAR//DIA/HUA(B)	0
26	(GLADIOLA"B"/…./81.65(19C.0C)).4	0
22	(KAR/GAL/…./KAR/4/DIAM/5/OBS).2	0
40	(GLADIOLA.B/…../IORN.S97CV.8A).5.7	0
14	ZAFIRO	0
13	RUBÍ	5MS
3	DIAMANTE R31	10R
6	BACHINIVA	30MS
11	JADE	30MS
5	TEPORACA	30MS
10	TURQUESA	40MS
12	ÁGATA	40MS
7	KARMA	50S
9	OBSIDIANA	50S
2	CHIHUAHUA	60S
8	AVEMEX	60S
4	PARAMO	70S
1	ÓPALO	80S

[1]en la escala 0 = inmune, MS = moderadamente susceptible (Roelfs *et al*., 1992).

Todas las líneas de este ensayo mostraron una respuesta casi inmune a la enfermedad, solo la línea (GEMA/RUBI).1 se descartó por registrar 10% de infección de roya del tallo y no presentar un tipo agronómico favorable. La línea 15 (PMG1//83. 109...CTC.84B993(B), junto con otras incluidas en el Cuadro

2, se encuentra en la fase final de evaluación para someterse a registro y posible liberación como nueva variedad. Adicionalmente, el Cuadro 2 muestra que los niveles de resistencia en las variedades liberadas han disminuido con referencia a las razas actuales del patógeno y algunas de ellas ya no son recomendables para su siembra debido a su susceptibilidad. Sin embargo, entre las variedades liberadas, se debe promover las variedades Rubí y Zafiro por su mayor productividad y altos niveles de resistencia a la roya del tallo. La presencia de líneas altamente resistentes a la roya del tallo refleja el progreso del Programa de Mejoramiento Genético de Avena del INIFAP ubicado en los Valles Altos (CEVAMEX).

Conclusiones

De las líneas de avena evaluadas en el 20°VISAVENA y en el 22°EUAVENA se identificaron líneas casi inmunes a la roya del tallo con alto potencial de rendimiento y otras características agronómicas deseables. Por su susceptibilidad a la roya del tallo algunas de las variedades liberadas ya no deben recomendarse para su siembra.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece el financiamiento con recursos fiscales del INIFAP “Generación de variedades de avena para incrementar la productividad en México” con número de proyecto SIGI: 9165636496.

Referencias bibliográficas

Roelfs A. P. (1992) Las Royas del Trigo: Conceptos y Métodos para el Manejo de esas Enfermedades. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D. F. 81 p.

Villaseñor-Mir, H. E., J. Huerta-Espino, M. F. Rodríguez-García, R. Hortelano Santa-Rosa, E. Espitia-Rangel, y E. Martínez-Cruz. 2021. Mejoramiento genético de Avena En México. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas 12(25) ESP35:21-25,

Zamudio-Colunga, A., J. Huerta-Espino, E. Espitia-Rangel, R. Hortelano-Santa Rosa, J. S. Sandoval-Islas y H. E. Villaseñor-Mir. 2023. Identificación de Razas Fisiológicas de *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* E. & H. Causante de la Roya del Tallo de Avena (*Avena sativa* L.) en los Valles altos de México. Rev. Fitotec. Mex. 46(4):409-417.

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO TAIWÁN *Cenchrus purpureus (Schmach.)* Morrone EN CLIMA CÁLIDO DE MÉXICO

Joel Ventura-Ríos[1]*, María Fernanda Martínez-Hernández[1], Delia Margarita Olvera-Aguilar[1], Raquel Olivas-Salazar[1], Fernando Ruíz-Zarate[1], Perpetuo Álvarez-Vázquez[1]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315.
*Autor para correspondencia: joelventur@gmail.com

Palabras claves: *Cenchrus purpureus*, producción de biomasa, valor nutritivo.

Introducción

En las regiones tropicales los sistemas de producción ganadera basa su alimentación en la producción de pastos y forrajes debido a su bajo costo de producción y disponibilidad. En este contexto el pasto Taiwán *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone es uno de los forrajes más utilizados en los sistemas de producción utilizándolo como forraje para corte, pastoreo y como forraje de reserva para periodos de sequía. Es una especie con fotosíntesis C_4, que se caracteriza por su potencial de crecimiento y sus valores altos en la producción de biomasa, proporción de hoja, rusticidad y plasticidad; los cuales les permite adaptarse a diversas condiciones de suelo (incluyendo suelos de baja fertilidad), a altas temperaturas y bajas precipitaciones (Villanueva-Avalos *et al.,* 2022). El pasto Taiwán al igual que todos los forrajes tropicales se caracteriza por ser de crecimiento y maduración rápida, lo cual tiene un efecto en la calidad nutritiva del forraje, como lo es la disminución de la proteína cruda y el aumento de los componentes estructurales (Ledea-Rodríguez *et al.,* 2021). Debido a lo anterior, dentro del manejo del forraje se debe considerar la edad para un mejor aprovechamiento en pastoreo o corte. Ya que es una herramienta para determinar la edad óptima en la que se alcanza la mayor producción y composición química de la biomasa para un mejor aprovechamiento (Calzada-Marín *et al.,* 2018). El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de forraje y valor nutritivo de pasto Taiwán *C. purpureus (Schmach.)* Morrone a diferente frecuencia de corte (FC).

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Sitio Experimental “Papaloapan” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Veracruz, ubicado en las coordenadas 18º 06’ LN y 95º 31’ LO y altitud de 65 msnm. El clima se clasifica como Aw, cálido subhúmedo, con 80% de la lluvia estacional en verano. El suelo presente en la zona es acrisol órtico con textura franco-arenosa, baja en materia orgánica (0.34%), pH ácido (3.5), bajo nivel de N inorgánico, y adecuados niveles de Fe, Zn, Mn y P (57, 1.6, 4.4 y 55 mg kg^{-1}). Durante la investigación la precipitación acumulada fue de 1468 mm, con temperatura máxima y mínima de 35 y 17 ºC, respectivamente (Figura 1). La siembra se realizó el día 22 de Julio de 2020, en surcos separados por 0.50 m en parcelas experimentales de 5 x 16 m, con tres repeticiones. Se aplicaron dos fertilizaciones a los 43 y 112 d después de la siembra; se utilizó la fórmula: 120-80-00 kg ha^{-1} N y P_2O_5. La acumulación de biomasa se determinó por unidad de área para cada FC 30, 60, 90 y 120 días (d) después del corte de homogenización, con muestreos destructivos durante un año. En cada parcela, se arrojó al azar un marco de metal de 1 m^2 en cinco ocasiones y las plantas se cortaron por completo. Las plantas restantes se dejaron hasta recuperar una altura de 20 cm. La biomasa colectada se pesó en una báscula de precisión (Ohaus, Mod. GT-4000). Después, el peso fresco de una submuestra se registró y la submuestra se secó en un horno (Felisa, Mod. FE-243A) a 55 ºC, hasta alcanzar un peso constante y se determinó la materia seca. Las muestras secas se molieron en un molino (Wiley) y se pasaron por tamices No. 40 (0.42 – 1.00 mm) y No. 60 (0.25 – 0.42). Luego, se determinaron las variables químicas. La concentración de proteína cruda se midió con el método semi-micro Kjeldahl (N x 6.25). Para determinar la fibra detergente neutro y la fibra detergente ácido se utilizó un analizador de fibras ANKOM200® (Ankom Technology, Fairport, NY, EE.UU.), con bolsas filtro Ankom® F57 con un tamaño de poro de 30 µm. El contenido de lignina klason fue determinada mediante la Norma TAPPI T-222. Las muestras incineradas (2 h a 600 °C) se usaron para obtener el contenido de cenizas de acuerdo con la Norma ASTM D 1102-84. Seis determinaciones se realizaron por cada frecuencia de corte, con dos repeticiones por muestra. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas; la parcela grande fue el genotipo y la parcela pequeña fue la frecuencia de cortes en

30, 60, 90 y 120 d con tres repeticiones. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación de medias con Tukey ($p<0.05$), mediante el procedimiento PROC GLM de SAS.

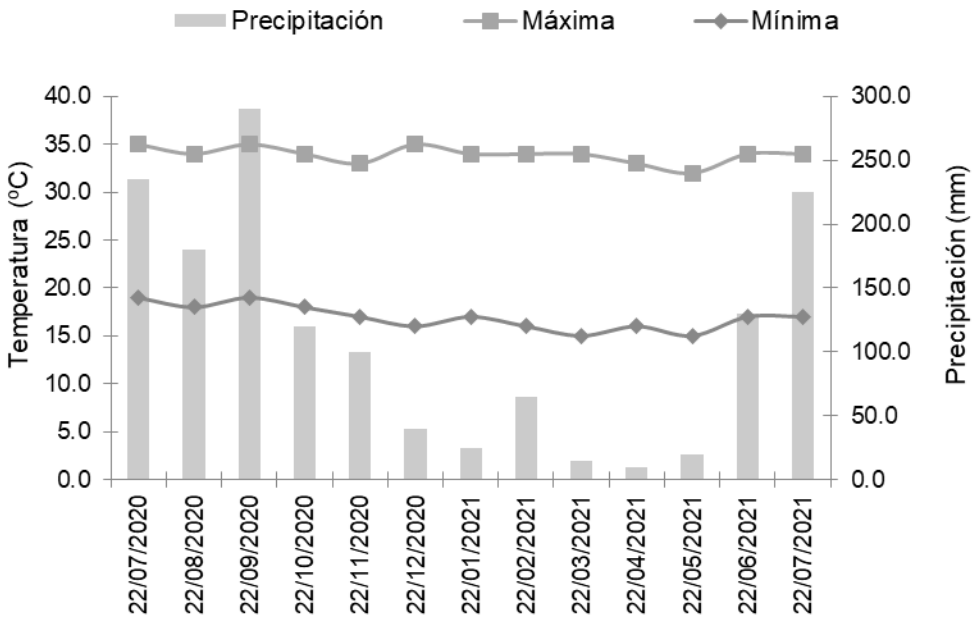


Figura 1. Comportamiento de la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima durante la fase de muestreo en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz.

Resultados y discusión

La producción anual de forraje se incrementó a medida que la planta avanzo en su edad fenológica. La mayor producción de biomasa se obtuvo en la FC de 120 días con 18815 kg ha^{-1} año^{-1} y fue estadísticamente diferente ($p<0.05$) a las demás FC, produciendo 85% más biomasa que la FC al día 30, 79% más biomasa que el corte al día 60 y 34% más biomasa que la FC al día 90. Las FC al día 30 y 60 fueron similares ($p>0.05$) alcanzando una producción de 10164.2 y 10492 kg ha^{-1} año^{-1}, respectivamente (Cuadro 1). Los valores encontrados en la FC de 60 y 120 días, fueron menores a los reportados por Ledrea-Rodríguez *et al*. (2018), en variedades de *C. purpureus,* CT-601, CT-603 y CT-605 con valores de 14.5, 16.5 y 19.8 t MS ha^{-1}, respectivamente a los 60 días de corte y 36.8, 47.1 y 85.2 t MS ha^{-1}, respectivamente a los 120 días de corte. Estos rendimientos se alcanzaron debido a una mejor fertilidad, y estructura del suelo y mayor precipitación que en el presente estudio. El contenido de proteína cruda mostró una reducción lineal al aumentar los días de corte (Cuadro 1). La FC de 30 días mostró el mayor contenido de proteína cruda con 12.5% y fue diferente estadísticamente ($p<0.05$) a las demás FC, superando en 4.3, 7.3 y 8.8% a las frecuencias de corte de 60, 90 y 120 días, respectivamente. En un estudio realizado por Ledrea-Rodríguez *et al.* (2021), evaluaron tres variedades de *C. purpureus,* CT-601, CT-603 y CT-115 a frecuencias de corte de 60, 80, 100 y 120 d, reportando contenidos menores a 6.5%, lo cual es menor a lo encontrado en la presente investigación. El contenido de proteína en los forrajes se disminuye a medida que la planta avanza en su edad fenológica, debido a que el contenido de nitrógeno es aprovechado para su crecimiento y desarrollo. Del mismo modo, los compuestos estructurales de la planta están relacionados con el desarrollo fenológico, a medida que se incrementa la edad de la planta aumentan los contenidos estructurales. La fibra detergente neutro (FDN) fue mayor a los 120 días con 83.9% ($p<0.05$) con respecto a los demás días de corte, mientras que el máximo contenido ($p<0.05$) de fibra detergente ácido (FDN) fue para la FC de 90 días (63.8%; Cuadro 1). En la investigación de Ledrea-Rodríguez *et al.* (2021) reportaron valores de 76.5, 78.8 y 78.7% para FDN a 60 días, mientras que a 120 días encontraron valores de 75.9, 76.0 y 78.0%, los cuales son menores a lo encontrado en la presente investigación. La mayor concentración de fibra detergente ácido (FDA) se encontró en la FC al día 90 con 63.8% ($p<0.05$). En trabajos previos, Ledrea-Rodriguez *et al.* (2021) encontraron valores similares de FDA de 40.4, 41.4 y 42.6 % en variedades de *C. purpureus* a una FC de 60 d, mientras que a 120 días reportaron 37.3, 37.7 y 38.4%. El contenido de

lignina Klason fue mayor en las FC de 90 (19.61%) y 120 (19.76%) días con cantidades similares (p>0.05), pero superiores y diferentes (p<0.05) a las demás FC. En investigaciones previas Ventura-Ríos *et al.* (2017) obtuvieron contenidos de Lignina Klason en pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum*) valores de 18.4, 18.5, 18.8 y 19.4% en FC de 30, 60, 90 y 120 días, respectivamente. El mayor contenido de cenizas se presentó en la FC a 30 días (12.19%) el cual fue superior y diferente (p<0.05) a las FC de 60 (8.05%), 90 (6.6%) y 120 (4.7%) días. Así mismo Ventura-Ríos *et al.* (2017) encontró contenidos de cenizas superiores en pasto Maralfalfa de 9.6, 7.3 y 6.7% al cosechar el forraje a los 60, 90 y 120 días, respectivamente.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje y composición química del pasto Taiwán *Cenchrus purpureus* (Schmach.) Morrone a diferentes frecuencias de corte en clima cálido subhúmedo.

Variables	Frecuencia de corte (d)				Media
	30	60	90	120	
Forraje (kg ha^{-1} año^{-1})	10164.2^{c}	10492.3^{c}	13952.5^{b}	18815^{a}	13356.01
Proteína Cruda, (%)	12.55^{a}	8.22^{b}	5.23^{c}	3.73^{d}	7.43
Fibra Detergente Neutro, (%)	77.25^{d}	79.74^{c}	85.93^{b}	83.97^{a}	81.73
Fibra Detergente Ácido, (%)	50.06^{c}	46.32^{d}	63.86^{a}	62.01^{b}	55.56
Lignina Klason, (%)	17.70^{b}	16.83^{b}	19.61^{a}	19.76^{a}	18.48
Cenizas, (%)	12.19^{a}	8.05^{b}	6.64^{c}	4.72^{d}	7.9

^{a,b,c,d} Diferente literal minúscula en la misma hilera indica diferencias significativas entre cortes (p<0.05).

Conclusiones

La frecuencia de corte favorece el rendimiento de forraje, mientras que, el contenido de proteína cruda y cenizas disminuye, modificando la pared celular vegetal.

Referencias bibliográficas

Calzada-Marín, J. M., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., Hernández-Garay, A. Vaquera-Huerta, H. Escalante-Estrada, J. A. (2018). Análisis de crecimiento del pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum Schum*) en clima cálido subhúmedo. Agroproductividad, 11(5): 69-75.

Ledea-Rodríguez, J. L., O-León, O. L., Verdecia-Acosta, D., Benítez-Jiménez, D. G., Hernández-Montiel, L. G. (2021). Composición química-nutricional de rebrotes de *Cenchrus purpureus (Schmach.)* Morrone durante la estación lluviosa. Tropical and Subtropical Agroecosystem 24(54): 1-13.

Ledea-Rodríguez, J. L., Ray-Ramírez, J. V., Arias-Pérez, R. C., Cruz-Tejada, J. M., Rosell-Alonso, G., Reyes-Pérez, J. J. (2018). Comportamiento agronómico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. Agronomía Mesoamericana 29(2): 343-362.

Ventura R., J., Honorato S., J. A., Hernández G, A., Arburto A, J. A., Vaquera H, H., Enríquez Q, J. F. (2017). Composición química y rendimiento de biomasa de maralfalfa para producción de bioetanol de segunda generación. Revista Mexicana de Ciencias agrícolas 8(1): 215-221.

Villanueva-Avalos, J. F., Vázquez-González, A., Quero-Carrillo, A. R. (2022). Atributos agronómicos y producción de forraje en ecotipos de *Cenchrus purpureus* en condiciones de trópico subhúmedo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 13(SPE27): 1-9.

CARACTERES AGRONÓMICOS DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE ARROZ EN ETAPA TEMPRANA, CAMPECHE, MÉXICO

Antonio Villalobos-González[1], Mónica Beatriz López-Hernández[2*], Luis Edgar Sánchez-Toral[2], Juan Moisés May-Chan[2], Víctor Manuel Pech-Alvarado[2], Angel Candelario Centeno-Medina[2]

[1]Campo Experimental Edzná, INIFAP, Campeche, México. [2]Ingeniería en Agronomía, Instituto Tecnológico de Chiná, Tecnológico Nacional de México, Campeche, México.
*Autor para correspondencia: monica.lh@china.tecnm.mx

Palabras clave: Temporal, genotipo, vigor.

Introducción

El cambio climático y la disminución constante de los recursos hídricos subterráneos exigen la diversificación del cultivo de arroz mediante la siembra directa (Supriya, *et al*., 2024). En este tipo de siembra, se prefieren las semillas con alto vigor de plántula y buena densidad de plantas por superficie sembrada. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de características agronómicas de líneas y variedades de arroz en etapa temprana en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Sitio Experimental Edzná, ubicado en la localidad de Uzahzil Edzná, Municipio de San Francisco de Campeche, Camp., México (19.609430 y longitud: -90.220306, y 27 msnm). El experimento se desarrolló sobre los suelos denominados en la región como Yax-chom y/o llamados Vertizoles (Palma *et al*., 2017), que agrupo a 35 materiales de arroz provenientes del Campo Experimental Zacatepec (Cuadro 2) que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y ubicado en el estado de Morelos, Mexico.
Las líneas y variedades de arroz que agrupo el estudio se establecieron de forma manual en julio del 2024. Para ello se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela estaba constituida de seis surcos de seis metros de longitud, separados a 0.20 metros entre surco. Alrededor todo el contorno de las parcelas útiles se formaron bordos para la aplicación de riego de auxilio. Antes de la emergencia se realizó la aplicación de 150 ml de Glufosinato de amonio más 100 mil de Tromba (2,4-D Amina), mesclados en 20 litros de agua. En relación a la fertilización, se utilizó la fórmula 92-46-60. La cual se aplicó el 100 % del fósforo antes del segundo rastreo agrícola. Mientras que la urea se fracciono en dos partes, aplicando el 50 % a los 35 días después de la germinación y el otro 50 % a la formación del primordio floral.
Se registro el porcentaje de emergencia (% EM) a los 20 días después de la siembra (dds). La altura de la planta (ALP, cm) se registró a los 40 dds al medir desde la base del suelo hasta el ápice de la hoja de mayor longitud. A los 40 dds se registró el peso de hojas (PSH, mg), tallo (PSTA, mg), raíces (PSR, mg) y biomasa total (BIT, mg), que se determinó al extraer cinco plantas por repetición y separar las estructuras que seguidamente fueron introducidas a una estufa a 70°C durante 72 h. Cada una de las variables en estudio fue sometida a un análisis de varianza en el programa SAS (Statistical Analysis System, para Windows Versión 9.0) (SAS, 2002) en forma individual. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de la diferencia mínima significativa (Tukey) a un nivel de probabilidad de error de 0.05.

Resultados y discusión

El análisis de ANOVA indica que existen diferencias significancia (P≤0.05) con base a las líneas y variedades de arroz para seis características evaluadas, con excepción de temperatura del dosel (Cuadro 1). De acuerdo a la suma de cuadrados medios, se observó la más alta variabilidad para el peso de biomasa total, seguido del peso seco de raíz y peso seco de tallo, respectivamente.
Existen diferencias (P≤0.05) entre materiales de arroz para él % EM, ALP, PSH, PSTA, PSR y BIT (Cuadro 2). La variedad El Silverio y la línea FL084430-8P-4-3P-3P-M presentaron el mayor % EM con un promedio de 85 % para ambos materiales. Mientras que Milver 05 (2008) obtuvo la menor ALP con un promedio de 19 cm. Con respecto a la materia seca, la línea FL022768-2P-6-4P-MP-M-1P presento el mayor PSH con un promedio de 178 mg. Temporalero A-95 con 208 mg, FL084430-8P-4-3P-3P-M con 186 mg y FLO2768-2P-6-4P-1P-M-1P con 172 mg que presentaron mayor producción de PSTA. PCTMADR-707-2-1-4-2SR-

1P con 314 mg, PCTMADR-682-2L-2-3-3SR-2P con 259 mg, Temporalero A-95 con 138 mg y FL084430-8P-4-3P-3P-M con 125 mg presentaron el mayor PSR.

Cuadro 1. Resultados del ANOVA de cuadrados medios de porcentaje de emergencia y otras características de líneas y variedades de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2024.

FV	GL	% EM	ALP	PSH	PSTA	PSR	BIT
Línea-variedad	35	338.20*	40.34**	4011.8**	6038.6**	13884.0**	38844.9**
Repetición	1	1.12^{ns}	13.19^{ns}	4284.6*	1186.0^{ns}	9538.9^{ns}	17357.5^{ns}
Error	35	141.4	13.1	1318.6	1094.9	5702.1	9390.6
Error total	71						
C.V. %		19.0	14.7	30.1	31.4	108.7	32.8

FV=Factor de variación; GL=Grados de libertad; % EM= porcentaje de emergencia; ALP= altura de planta; PSH, PSTA, PSR, BIT= peso seco de hoja, tallo, raíz y biomasa total; *=P≤0.05; **=P≤0.01; ^{ns}= no significativo.

Cuadro 2. Comparación de medias de líneas y variedades de arroz con base a características agronómicas de plantas de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2024.

Material	% EM	ALP (cm)	PSH (mg)	PSTA (mg)	PSR (mg)	BIT (mg)
Milagro (Zacatepec)	75 ab	27 abc	140 abc	92 cde	53 bc	284 bcde
Miloax 98-2	65 ab	27 abc	102 abc	120 abcde	73 bc	295 bcde
INIFLART RT-1	83 ab	25 abc	124 abc	53 e	42 c	219 de
IR 69915-12MI-15UBN-22	68 ab	25 abc	109 abc	101 bcde	51 bc	261 bcde
IR8-2	45 ab	22 bc	170 ab	85 cde	45 c	300 abcde
El Silverio-2	75 ab	29 ab	111 abc	129 abcde	58 bc	298 abcde
INIFLAR RT-2	53 ab	26 abc	155 abc	133 abcde	64 bc	352 abcde
Tabasqueña A-17-2	65 ab	24 abc	100 abc	85 cde	29 c	213 de
Temporalero A-95	75 ab	31 a	166 ab	208 a	125 abc	499 ab
Pacifico-FL-15-1	60 ab	26 abc	152 abc	126 abcde	85 bc	362 abcde
FL06689-3P-1-4P-1P-M-1P	60 ab	26 abc	162 abc	161 abcd	38 c	361 abcde
FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P	80 ab	25 abc	178 a	172 abc	58 bc	408 abcde
Pacifico FL 15-2	50 ab	27 abc	137 abc	51 e	61 bc	249 bcde
FL084430-8P-4-3P-3P-M	85 a	28 abc	167 ab	186 ab	138 ac	491 abc
PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P	55 ab	23 abc	115 abc	108 bcde	61 bc	284 bcde
PCTMADR-682-2L-2-3-3SR-2P	65 ab	31 a	146 abc	163 abcd	259 ab	567 a
PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P	45 ab	24 abc	92 abc	56 e	314 a	461 abcd
PCTMADR-707-2-1-4-2SR-2P	50 ab	22 abc	101 abc	100 bcde	39 c	240 bcde
PCTMADR-707-2-1-2-4SR-1P	50 ab	26 abc	71 bc	80 de	37 c	188 e
FL010030-12P-9-2P-1P-M	50 ab	26 abc	135 abc	86 cde	50 bc	271 bcde
FLO 10127-7P-1-2P-2P-M	55 ab	21 bc	157 abc	116 abcde	94 bc	368 abcde
FLO7162-7P-3-3P-3P-M	35 b	23 abc	141 abc	140 abcde	80 bc	361 abcde
RC 88	55 ab	23 abc	77 abc	63 e	31 c	171 e
IR11141-6-1-4	65 ab	26 abc	95 abc	94 bcde	50 bc	239 bcde
Choca A-05	75 ab	25 abc	102 abc	92 cde	49 bc	243 bcde
Campeche A-80	73 ab	23 abc	98 abc	89 e	49 bc	237 bcde
El Silverio	85 a	25 abc	124 abc	107 bcde	38 c	268 bcde
INIFLAR R	60 ab	22 abc	126 abc	89 cde	52 bc	266 bcde
Pacifico FL-15	53 ab	24 abc	123 abc	139 abcde	73 bc	335 abcde
Golfo FL-16	50 ab	24 abc	71 bc	61 e	30 c	162 e
Veracruzana A-21-3	65 ab	22 abc	57 c	55 e	29 c	141 e
Miloax 98 (2006)	63 ab	21 abc	111 abc	84 cde	42 c	237 bcde
Milver 05 (2008)	60 ab	19 c	105 abc	82 cde	48 bc	235 bcde
Miloax 38 (2012)	80 ab	20 abc	85 abc	76 de	41 c	201 de
Milagro Filipino (2010) (Veracruz)	80 ab	26 abc	151 abc	132 abcde	63 bc	346 abcde

Letras iguales denotan que no hay diferencia significativa (P≤0.05). % EM= Porcentaje de emergencia; PSH, PSTA, PSR, BIT= peso seco de hoja, tallo, raíz y biomasa total.

Los materiales que sobresalieron con mayor BIT fueron PCTMADR-682-2L-2-3-3SR-2P con 567 mg, Temporalero A-95 con 499 mg, FL084430-8P-3P-3P-M con 491 mg y PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P con 461 mg, respectivamente (Cuadro 2). El comportamiento de los materiales de arroz con base a todas las características estudiadas puede deberse a que durante la etapa temprana se obtuvo una precipitación pluvial (4.5 cm) inadecuada (Zhou, *et al*., 2022) y altas temperaturas (35 °C) (Wang, *et al*., 2022). Todas las variables se correlacionaron entre si de manera positiva y significativa, con excepción de % EM que no se asocio con PSH, PSR y BIT; ALT y PSH con PSR. Las mayores correlaciones fueron entre PSR-BIT, PSTA-BIT, PSH-BIT y PSH-PSTA (Cuadro 3). Resultados similares fueron observados por Akshitha *et al*. (2020) al obtener correlaciones altas entre PSR-BIT, ALP-BIT.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson de características agronómicas de plantas de arroz. Ciclo Primavera-Verano 2024.

	% EM	ALP	PSH	PSTA	PSR
ALP	0.20*				
PSH	0.01^{ns}	0.17*			
PSTA	0.16*	0.31**	0.46**		
PSR	0.03^{ns}	0.11^{ns}	0.13^{ns}	0.18*	
BIT	0.04^{ns}	0.25*	0.61**	0.65**	0.79**

**=significancia con P ≤ 0.01; *= significancia con P ≤ 0.05; ns=no significativo; % EM= porcentaje de emergencia; ALP= altura de planta; PSH, PSTA, PSR, BIT= peso seco de hoja, tallo, raíz y biomasa total.

Conclusiones

El material que sobresalió fue Temporalero A-95. La correlación reveló la selección de caracteres para la identificación de materiales con un mejor comportamiento en características de plántula.

Agradecimientos

Al laboratorio de Agricultura Agroecológica Orgánica Sustentable del Tecnológico Nacional de México (TECNM) Campus Chiná por brindar su apoyo para la determinación de materia seca.

Fuente de financiamiento

INIFAP.

Referencias bibliográficas

Akshitha, B., Senguttuvel, P., Hema, L.V., Yamini, K.N., Jhansi R.K. and Beulah, P. 2020. Variability and Correlation Analysis for Seedling Vigour Traits in Rice (Oryza sativa L.) Genotypes. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci 9(7): 2877-2887.

SAS, 2002. The SAS System Release for Windows 9.0; SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA, 2002.

Supriya, K., Bharti, U., Basandrai, D., Bhatia, S., Vikal, Y., Chhuneja, P., Kumar, B.A. 2024. Relationship between seed traits and seedling parameters in rice wild species. Genet Resour Crop 71: 299–308.

Wang, H., Zhong, L., Fu, X., Huang, S., Fu, H., Shi, X., Hu, L., Cai, Y., He, H., Chen, X. 2022. Physiological and Transcriptomic Analyses Reveal the Mechanisms of Compensatory Growth Ability for Early Rice after Low Temperature and Weak Light Stress. Plants (Basel) 26 (11): 2523.

Zhou, Z., Jin, J., Wng, L. 2022. Modeling the effects of elevation and precipitation on Rice (*Oryza sativa* L.) production considering multiple planting methods and cultivars in Central China. Science of The Total Environment 813: 152679.

VIABILIDAD EN COLECTAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) NATIVAS DE OAXACA DESPUÉS DE VEINTITRÉS AÑOS EN BANCO DE GERMOPLASMA

Yeimy Clemencia Ramirez– Rodas[1*], Simitrio Ortiz–Curiel[1]

[1]CIRPAS, INIFAP.
*Autor para correspondencia: ramirez.yeimy@inifap.gob.mx

Palabras clave: Recursos genéticos, germinación en semillas, banco de germoplasma.

Introducción

La conservación a largo plazo de las distintas especies vegetales es crucial para asegurar el germoplasma vegetal y por ende la sostenibilidad agrícola y alimentaria. La conservación *ex situ* de las semillas ortodoxas a través de bancos de germoplasma, permiten mantener la viabilidad y vigor de las semillas a mediano y largo plazo. Sin embargo, las semillas pierden vigor de manera lenta o acelerada, dependiendo de factores como el envejecimiento natural, la naturaleza misma de las especies, variedades o cultivares, condiciones de almacenamiento como temperatura y humedad relativa, daños mecánicos, entre otros (Rao *et al*., 2007). Para conocer el estado fisiológico en el que se encuentran las semillas en un banco de germoplasma, es necesario realizar algunas acciones cada cierto periodo de almacenamiento que permitan conocer el potenciar germinativo. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue realizar pruebas de germinación en semillas de frijol nativos de Oaxaca que se encuentran almacenadas en el Banco de germoplasma: semillas ortodoxas del sur, lo cual permitió conocer la viabilidad de siete accesiones colectadas y resguardadas desde el año 2002.

Materiales y métodos

El ensayo partió de 100 semillas distribuidas en cuatro repeticiones de 25 semillas, se utilizaron siete accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), nativas del estado de Oaxaca (Cuadro 1), las cuales se colectaron en el año 2002 y se resguardaron en el Banco de Germoplasma: semillas ortodoxas del sur ubicado en el C. E. Valles Centrales de Oaxaca–INIFAP (BAGE) (3 ºC y 60% HR, sin embargo, en los últimos años las condiciones han sido fluctuantes). El ensayo de viabilidad, consistió en realizar pruebas de germinación de acuerdo con el ISTA (2014) que consistió en la prueba “estándar entre papel”, donde las toallas de papel (Sanitas®, Kimberly Clark) fueron humedecidas con agua destilada a punto de saturación y fungieron como sustrato que suministró humedad a las semillas durante el proceso de germinación, las cuatro repeticiones se enrollaron en forma de taco y se colocaron en bolsas de polietileno. Las muestras se incubaron en una cámara de crecimiento vegetal Binder KBW 240 (Binder GmbH, Tuttlingen, Alemania) a 26 ± 1 ºC, con fotoperiodo de 8/16 h (luz/oscuridad). La evaluación se realizó a los 8 días después del inicio del ensayo, contabilizando plántulas normales, las cuales se expresaron en porcentaje. De las plántulas normales, se registró la longitud del sistema radicular e hipocotilo. El experimento se llevó a cabo bajo un diseño experimental completamente al azar, los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía y se realizaron pruebas de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) para verificar diferencias estadísticas en el programa R– Studio.

Resultados y discusión

En los bancos de germoplasma, se conserva material vegetal con el objetivo de preservar por largos periodos de tiempo la mayor biodiversidad genética posible. Sin embargo, es necesario verificar el estado fisiológico de las semillas cada determinado periodo de tiempo (al menos cada 5 años) para tomar decisiones con base en los resultados obtenidos como es la regeneración o multiplicación de las semillas, o incluso el reemplazo de las colectas. En este sentido al evaluar la germinación de las semillas de siete accesiones de frijol nativas del estado de Oaxaca que estuvieron almacenadas en el BAGE–INIFAP desde 2002 (Cuadro 1), se registró que, las colectas SS– 028, SS–057 y SS–071 perdieron alrededor del 50% de viabilidad, mientras que, SS–150, SS–157 y SS–155 presentaron 73, 75 y 80% de germinación respectivamente y la colecta SS–004 registró 90% de germinación, mostrando diferencias estadísticas en los tres grupos (Figura 1). Con base en estos resultados, es importante tomar decisiones que respectan a las actividades de un banco de germoplasma, como es la regeneración inmediata de las colectas más vulnerables (SS– 028, SS–057 y SS–071) y las colectas con vulnerabilidad media (SS– 50 y SS–157), mientras que las dos colectas que presentaron alto porcentaje de germinación (>80%) aún pueden

almacenarse en el BAGE sin problemas de pérdidas de viabilidad inmediata, siempre y cuando las condiciones del almacenamiento sean homogéneas y constantes. Se observó que las colectas de clima templado y frío son las que mejor se conservaron a lo largo de 23 años de almacenamiento.

Cuadro 1. Detalles de las accesiones de frijol nativas de Oaxaca, utilizadas en el ensayo.

No	Accesión	Imagen de referencia del grano	Descripción	Clima en el que se cultivó
1	SS–004		Nombre común: blandito; hábito de crecimiento: guía; color del grano: rojo	Templado
2	SS–028		Nombre común: blanco de mata; hábito de crecimiento: mata; color del grano: blanco	Cálido
3	SS–057		Nombre común: blanco de mata; hábito de crecimiento: mata; color del grano: blanco	Cálido
4	SS–071		Nombre común: blandito de milpa; hábito de crecimiento: guía; color del grano: rojo	Frío
5	SS–150		Nombre común: frijol delgado; hábito de crecimiento: mata; color del grano: negro	Templado
6	SS–155		Nombre común: frijol de ejote; hábito de crecimiento: guía; color del grano: negro–café	Frío
7	SS–157		Nombre común: frijol de ejote; hábito de crecimiento: guía; color del grano: negro	Frío

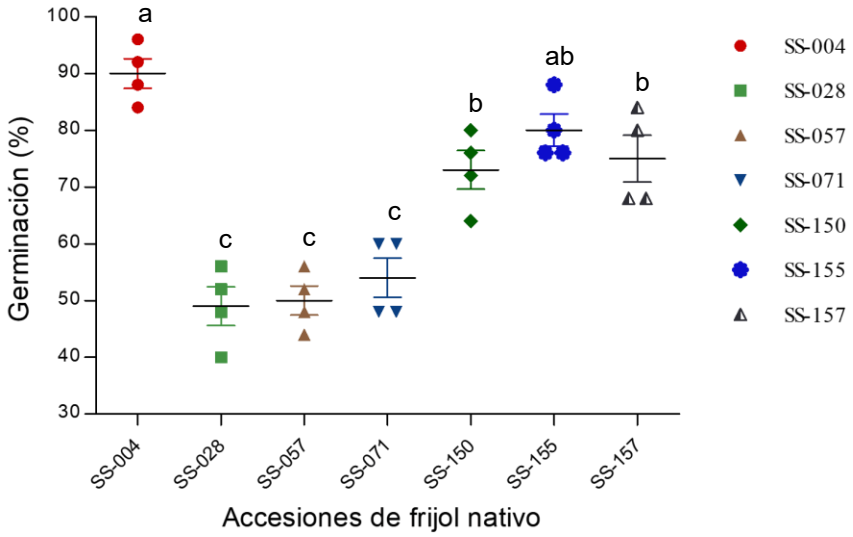


Figura **1.** Germinación en semillas de accesiones de frijol nativas de Oaxaca, colectadas en 2002 y resguardadas en el Banco de Germoplasma: semillas ortodoxas del sur en el INIFAP–Oaxaca. Media de cuatro repeticiones de 25 semillas. Letras diferentes, muestran diferencias estadísticas entre accesiones (Tukey, p≤0.05).

Por otro lado, el desarrollo de las plántulas de las siete colectas se presenta en la Figura 2, en donde se registró la longitud del sistema radicular y el hipocotilo. De manera integral, se observó que, las colectas que mejor desarrollo presentaron en ambas estructuras vegetales fueron SS–028, SS–150 y SS–157,

seguido de SS– 057 y SS– 155, mientras que, las colectas que se desarrollaron más lento fueron SS–004 y SS–071.

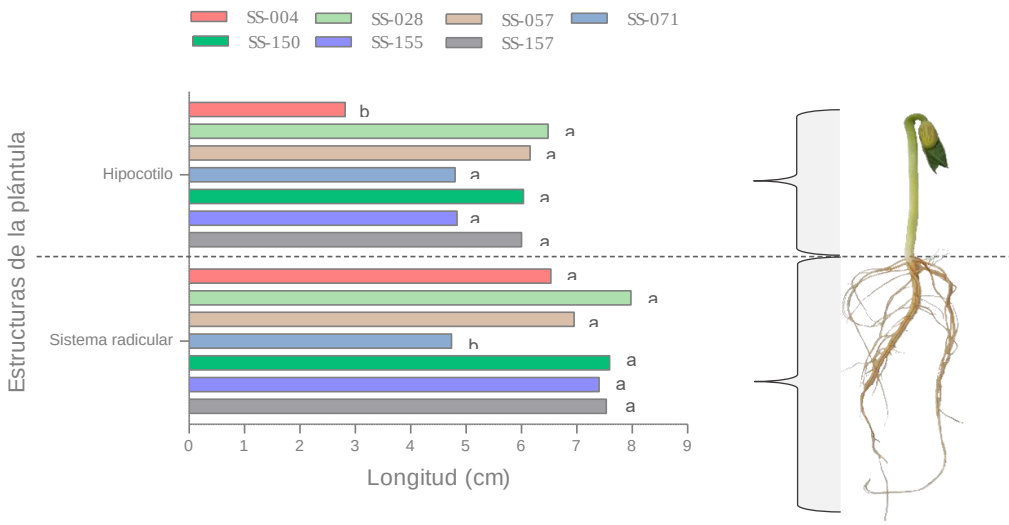


Figura 2. Desarrollo de plántulas de accesiones de frijol (estructuras: sistema radicular e hipocotilo) nativas de Oaxaca, colectadas en 2002 y resguardadas en el Banco de Germoplasma: semillas ortodoxas del sur en el INIFAP–Oaxaca. Media de cuatro repeticiones con subrepeticiones a partir de plántulas normales. Letras diferentes en cada estructura, muestran diferencias estadísticas entre accesiones (Tukey, p≤0.05).

Conclusiones

El almacenamiento de las semillas de especies vegetales nativas es importante para preservar la mayor biodiversidad posible para el presente y años futuros, sin embargo, cuando las semillas se deterioran considerablemente como es el caso de las accesiones SS–028, SS–057 y SS–071 de frijol, que perdieron cerca del 50% de su viabilidad, es indispensable que se realice la regeneración inmediata de dicho germoplasma para asegurar y preservar el material vegetal por un largo periodo de tiempo. Por otro lado, las colectas que presentaron germinación con valor ≥ 80% pueden seguir almacenas en el BAGE sin tomar alguna acción inmediata sobre ellas, a menos que se requiera multiplicar la semilla.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)–C.E. Valles Centrales de Oaxaca, por facilitar las accesiones de frijol nativas de Oaxaca para la realización del ensayo.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a través del proyecto fiscal: Banco de germoplasma: semillas ortodoxas del sur.

Referencias bibliográficas

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). Segundo plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. FAO – Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. 24 p. Consultado en línea el 20/03/25 en: https://www.fao.org/4/i2650s/i2650s.pdf.

ISTA. International Seed Testing Association. (2014). International rules for seed testing 2014. Seed Sci. and Thecnol. 29, Supplement 2.

Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D., Larinde, M. (2007). Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma.

HEREDABILIDAD Y VARIANZAS GENÉTICAS DE FAMILIAS DE HERMANOS COMPLETOS EN POBLACIONES DE MAÍZ ADAPTADAS A VALLES ALTOS

Norma Santiago-Lopez[1]*, Aquiles Carballo-Carballo[1], Javier Suarez-Espinosa[1]

[1]Coleguio de Postgraduados- Campus Montecillo.
*Autor para correspondencia: nsantiago@colpos.mx

Palabras clave: Heredabilidad, mejoramiento, varianzas genéticas.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo de mayor distribución en el mundo, de mayor demanda y por tanto de mayor consumo a nivel mundial (Poehlman, 2006; Turrent *et al*., 2012). En México, el maíz es el componente y cereal básico de la dieta de muchos millones de mexicanos y ningún otro cultivo tiene tanta importancia como el maíz (González Merino *et al*., 2014). Por lo cual, este cultivo es el que ocupa la mayor superficie sembrada y la mayor diversidad genética para diferentes ambientes y usos en el país. Del maíz producido a nivel nacional, el 69 % se destina al consumo humano, un 20 % al sector pecuario, 10 % a la industrialización, y solamente el 1 % a la producción de semillas (Ortega y Ochoa, 2003. Por ello, la evaluación agronómica y el mejoramiento genético en los germoplasmas criollos de maíz es un proceso básico, necesario y continuo que proporciona conocimiento sobre el uso potencial de poblaciones en programas de mejora genética. Asimismo, facilita la formación de complejos germoplásmicos con poblaciones similares, con el fin de mantenerlos y/o mejorarlos genéticamente, para ponderar su importancia o su descarte con base en el avance teórico o respuesta a la selección en el proceso de formar nuevos materiales, principalmente variedades e híbridos comerciales (Wong *et al*., 2007).

El mejoramiento genético poblacional del maíz se basa en contar con poblaciones sobresalientes que posean una alta frecuencia de genes favorables a la o las características por mejorar, y así mismo alta variación genotípica. Para tener una población de partida, primero se deben evaluar el germoplasma disponible para seleccionar el mejor. Después es altamente recomendable estimar los parámetros genéticos de las poblaciones, como la media y las varianzas genéticas, y la heredabilidad, mediante un diseño de apareamiento, para conocer su potencial genético y respuesta teórica a la selección. El presente estudio tuvo como principal objetivo estimar los parámetros genéticos de 30 familias de hermanos completos (FHC) derivadas de las dos poblaciones de maíz raza Elotes Occidentales adaptadas a valles altos de México.

Materiales y métodos

La evaluación se realizó en dos lotes del Colegio de Postgraduados campus Montecillo, ubicado en el municipio de Texcoco, Estado de México; bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, en dos fechas de siembra. Las variables registradas fueron altura de planta (AP) y de mazorca (AM); longitud (LM) y diámetro de mazorca (DM); número de hileras (NH), granos por hilera (GH) y rendimiento de grano (RG). La formación de las 30 familias de hermanos completos (FHC) fue a partir de una población adaptada de Elotes occidentales; sembradas en parcelas de 10 surcos con 10 metros de longitud. Se estimó el rendimiento (kg/parcela) pesando las mazorcas de cada surco y se ajustó a 12 % de humedad, de acuerdo con la metodología de Mejía y Molina (1999). Todas las variables se midieron por triplicado en cada genotipo.

El análisis de varianza combinado de familias (FAM), ambientes (AMB) y repeticiones en cada ambiente (REP/AMB) para los datos promedio por unidad experimental se realizó bajo el siguiente modelo (Maldonado, 2002; Molina, 1992).

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + (R/A)_{ij} + F_k + (AF)_{ik} + E_{ijk}$$

Dónde: μ = media; Ai = efecto del i-ésimo ambiente; $(R/A)_{ji}$ = efecto de la j-ésima repetición dentro del i-ésimo ambiente; F_k = efecto de la k-ésima familia; (AF)ik = efecto de la interacción entre el i-ésimo ambiente con la késima familia; E_{ijk} = error correspondiente a la observación de la familia k en la repetición j del ambiente i.

Resultados y discusión

El análisis de varianza (Cuadro 1) muestra diferencias significativas (P≤0.01) entre ambientes (AMB) y entre familias (FHC) para la mayoría de las variables, con excepción de longitud planta (LP) y altura de mazorca (AM). La interacción familias por ambientes (FHC x AMB) fueron significativas para longitud de mazorca (LM), número de hileras (NH) y rendimiento de grano (REN). La existencia de estas diferencias significativas para las variables anteriores, indican que las familias tuvieron un comportamiento diferente a través de los ambientes de evaluación.

Cuadro 1. Análisis de varianza y parámetros genéticos estimados para 30 familias de hermanos completos.

FV	GL	LM	DM	NH	GH	LP	AM	REN
AMB	1	65.40**	0.04	1.80**	46.01*	1.50	0.60	80.27**
FHC	29	6.12**	0.26**	1.22**	32.67**	0.10	0.10	15.11**
REP(AMB)	4	1.34	0.02	0.26	6.14	0.10	0.10	0.29
FHC*AMB	29	3.93*	0.09	0.44**	13.81	0.02	0.02	7.45**
ERROR	116	2.60	0.09	0.23	9.64	0.2	0.01	1.33
MEDIA		19.03	4.31	8.36	32.12	289.97	167.84	6.78
CV		8.47	6.94	5.70	9.67	8.00	11.91	17.00
σ^2 e		2.60	0.09	0.23	9.64	583.15	399.52	1.33
σ^2 ga		0.44	0.00	0.07	1.39	-75.63	-62.05	2.04
σ^2 g		0.36	0.03	0.13	3.14	-1.62	9.12	1.28
σ^2 p		3.41	0.12	0.43	14.17	505.90	346.60	4.64
h^2		0.11	0.25	0.30	0.22	0.040	0.03	0.27

FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; AMB= ambientes; FHC=familia de hermanos completos; REP(AMB)= repetición dentro de ambientes; FHC*AMB = familias x ambientes; CV= coeficiente de variación; σ^2e= varianza del error ; σ^2ga = varianza de interacción; σ^2g= varianza genética; σ^2A= varianza aditiva ; σ^2p= varianza fenotípica; h^2 = heredabilidad; LM= longitud de la mazorca, DM= diámetro de la mazorca, NH= número de hileras; GH= granos por hilera; LP= longitud de la planta; AM= altura a la mazorca; REN= rendimiento de grano.

Los estimados de componentes de varianza para las familias, fueron positivos en la mayoría de los caracteres evaluados ya que presentaron diferencias estadísticas en el ANOVA. Sin embargo, los estimados de la varianza para las variables LP y AM fueron valores altos y negativos (-75.62 y -62.05). Por otro lado, la varianza de interacción, medida como el efecto de la interacción estadística de la herencia y el ambiente, fue de 2.04 para el REN. Este resultado es de esperarse ya que la varianza genética es una proporción de la varianza fenotípica, medida como el efecto de los genes. Tal efecto representa distintos tipos de acción de los alelos en la herencia, que en combinación con otros genes y elementos ambientales determinan efectos específicos en una población, lo que se refleja en la diferencia entre los efectos aditivos, los de dominancia y los epistásicos.

Con respecto a la heredabilidad de las características en sentido amplio, el DM, NH y REN presentaron valores de 0.25, 0.30 y 0.27, en comparación con la LP y AM que presentaron valores menores de 0.04 y 0.03. Al respecto Hallauer y Miranda (1981) menciona que la heredabilidad en rendimiento de grano. Por lo tanto, los valores de heredabilidad en rendimiento pueden atribuirse al número de familias evaluadas y al ambiente de evaluación, lo que redujo la participación de la varianza de la interacción familias por ambientes y del error experimental en el estimado de la varianza fenotípica.

En la Figura 1 se presentan los valores medios de 15 FHC, correspondientes a los promedios de los caracteres analizados de 30 FHC, representadas por 10 FHC de mayor y cinco de menor rendimiento con respecto a los valores medios de rendimiento como principal criterio de selección. El rendimiento promedio entre las 10 líneas selectas mostró un valor de 9.22 ton/ha, una diferencia de 5 ton/ha en relación con las cinco familias de rendimiento promedio más bajo (3.9 ton/ha). En el grupo de líneas seleccionadas se observó que, para el rendimiento de grano, la familia número 15 fue la única superiora al promedio, con un rendimiento de 9.68 ton/ha. Las variables LP y AM no presentaron diferencias entre y dentro de familias selectas por rendimiento. En las variables de LM, NH y GH, como un segundo criterio de selección, se encontró diferencias significativas de hasta 5 unidades en GH y LM para las familias de mayor rendimiento, con valores de 36 y 20.59 cm respectivamente.

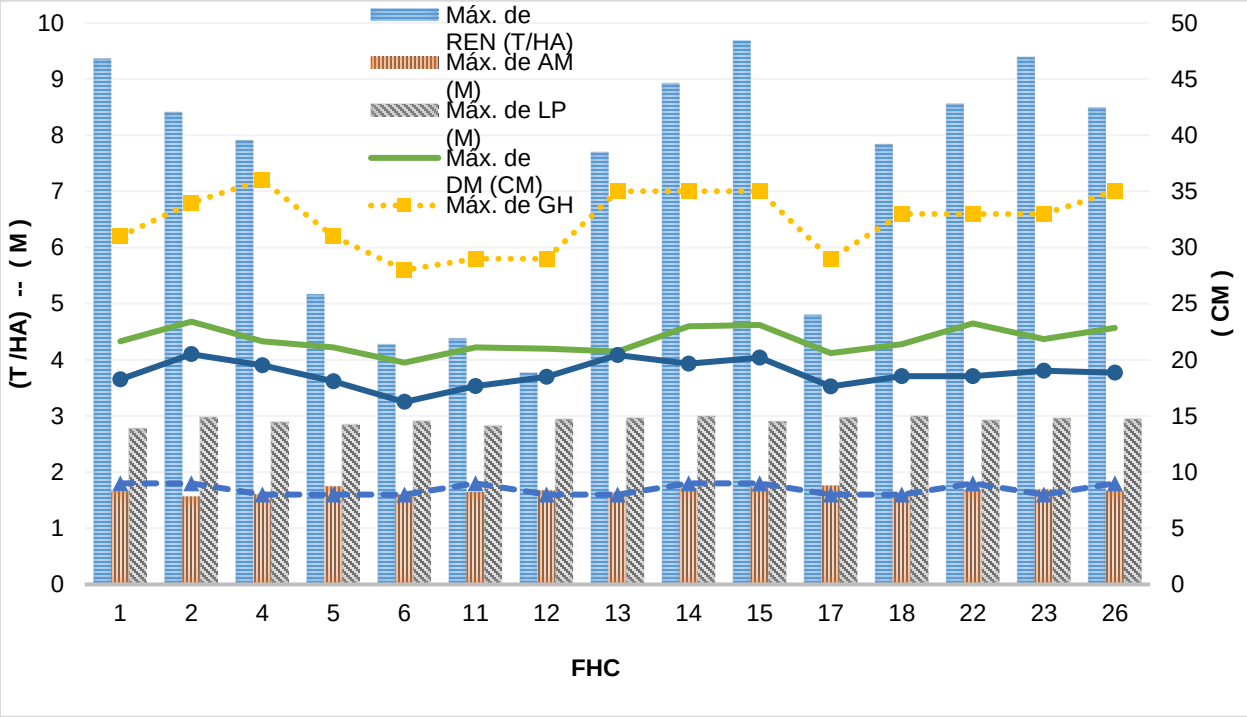


Figura 1. Rendimiento medio y variables agronómicas de FHC de maíz raza Elotes Occidentales seleccionadas con base en el rendimiento de grano.

Conclusiones

En las FHC evaluadas el rendimiento promedio para las 10 poblaciones de alto rendimiento fue en promedio de 8.92 ton/ha, y de 4.18 ton/ha para las FHC de menor rendimiento. En el resto de las variables los valores promedio no presentaron diferencias significativas entre las poblaciones evaluadas. Los estimados de los componentes de la varianza genética para la mayoría de las variables fueron próximas a 0, por lo que indica que las frecuencias de los genes favorables para la expresión del carácter se aproximan a la unidad; La diferencia relativa en el rendimiento entre poblaciones y dentro de familias fue mucho mayor en la Población 1 con rendimiento promedio de 9 ton/ha; siendo la familia número 9 la mejor.

Referencias bibliográficas

AYALA, M. G. (2022). Análisis de la variación en caracteres cuantitativos en una población panmíctica de maíz.

Bello, O. B., Ige, S. A., Azeez, M. A., Afolabi, M. S., Abdulmaliq, S. Y., & Mahamood, J. (2012). Heritability and genetic advance for grain yield and its component characters in maize (Zea mays L.). *International Journal of Plant Research*, *2*(5), 138-145.

Castillo Cedeño, I. J. (2025). *Fitomejoramiento participativo del maíz criollo "Amarillo Claro", en la comuna Membrillal-Jipijapa* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).

Guerrero, C. G., Banda, A. E., Gil, A. P., del Río, E. G., Ortega, J. G. L., & Dimas, N. R. (2012). Comportamiento genético y aptitud combinatoria en cruzas simples con líneas élite de maíz. *Universidad y Ciencia*, *28*(1), 65-77.

Ramos Olivera, P. S., Vidal, R., & Locatelli, A. (2024). Selección de maíz para silo mediante familias de medios hermanos de la raza blanco dentado.

CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN GRANO Y OLOTE DE POBLACIONES DE MAÍZ MORADO Y SUS CRUZAS

Miguel Ángel Martínez-Ortiz[1], Yolanda Salinas-Moreno[1], José Luis Ramírez-Díaz[1], Alejandro Ledesma-Miramontes[1], Ivone Alemán de la Torre[1]

[1]INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco.
*Autor para correspondencia: martinez.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays* L., pigmentos, mejoramiento poblacional, variabilidad genética.

Introducción

La apariencia de los productos alimentarios es factor clave en la aceptación del consumidor, por ello, el color es un parámetro esencial al momento de seleccionarlos, lo que ha impulsado a la industria a adicionar colorantes artificiales para resaltar este atributo en los productos que ofertan. Sin embargo, actualmente existe una corriente de consumidores informados sobre los efectos negativos en la salud que acarrea el consumo de alimentos coloreados artificialmente (Arnold *et al*., 2012). Por lo anterior, se buscan pigmentos naturales para aportar color en productos alimentarios, para lo cual la materia prima debe ser abundante, de fácil aislamiento y reconocida como segura.

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo reconocido en la industria como productor de materias primas, en particular es una de las opciones más competitivas para la obtención de pigmentos. El maíz morado contiene antocianinas de forma abundante en grano y olote (Salinas-Moreno *et al*., 2021). Las antocianinas son responsables de las tonalidades azul, violeta y roja que se observan en flores y frutos principalmente. Sin embargo, los maíces con esta pigmentación morada provienen de razas nativas, las cuales son susceptibles al acame, a enfermedades del grano, tienen potencial de rendimiento bajo y reducida adaptación. En este contexto, es esencial desarrollar variedades mejoradas de grano y olote morado que combinen alto rendimiento de grano, tolerancia al acame y a enfermedades; así como, alto contenido de antocianinas en grano y olote. Al respecto, el Programa de Mejoramiento Genético de maíz del CIRPAC está trabajando con maíces con grano y olote morado para impulsar la extracción de pigmentos naturales en la industria, la producción de alimentos más saludables y crear opciones de mercado para el productor de maíz.

Objetivo

Esta investigación tuvo como objetivo monitorear la variación en el contenido de antocianinas en grano y olote de poblaciones de maíz morado, sus cruzas y dos testigos a través de los ciclos agrícolas 2023 y 2024.

Materiales y métodos

Los experimentos se sembraron en los ciclos agrícolas de primavera-verano 2023 y 2024, en condiciones de temporal, en el Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco ubicado en el municipio de Tepatitlán de Morelos; Jalisco (20º 52' 23" N, 102º 42' 49" O; altitud 1956 m)., en los cuales se evaluaron las poblaciones Morado 1 (M1), Morado 2 (M2), Morado original (MO), Morado Iguala (MI), y las cruzas M1 x MI, M2 x MI, M2 x MO, M2 x M1 y los híbridos simples HSM y HSRO. Los experimentos se sembraron en junio 30 en 2023 y en julio 2 en 2024.El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Tamaño de parcela dos surcos por parcela de 4.0 m de largo, en 2023, y 5.0 m en 2024, en ambos años, la distancia entre surcos fue de 0.80 m. La densidad promedio de población fue de 72,800 plantas/ha. De las mazorcas cosechadas de cada parcela se tomó una muestra de 5 mazorcas a las cuales se les determinó color en la escala CIELab, empleando un colorímetro Hunter Lab MiniScan y se expresaron lo resultados en la escala CIELch. El contenido de antocianinas se cuantificó aplicando la metodología descrita por Salinas-Moreno *et al*. (2005). Se emplearon granos desgerminados y molidos con la extracción de antocianinas empleando metanol ácido (1% TFA). La absorbancia se midió a 530 nm en un espectrofotómetro (Perkin–Elmer Lambda 25; USA). Se empleó una curva patrón de cianidina 3-glucósido (C3G) para expresar el contenido de antocianinas totales en mg equivalentes de cianidina 3-glucósido (EC3G) por 100 g de muestra base seca.

Resultados y discusión

Los parámetros de color (luminosidad, croma y ángulo de matiz) de las poblaciones y cruzas evaluadas en los ciclos primavera verano 2023 y 2024 se presentan en la Figura 1. Respecto a los valores de luminosidad, todos los genotipos mostraron amplia homogeneidad, con media de 14.97 en L*. Los valores de croma fueron inferiores a 7.42 y el ángulo de matiz osciló entre 15.2° a 30.3°. Nótese que algunos de los puntos de color de las muestras de los dos ciclos de cultivo en las variables hue y croma (Figura 1B) se sobreponen. Lo que indica que el color fue uniforme entre ciclos. En general, estos valores describen muestras de color morado oscuro, con baja reflexión de luz y apariencia opaca, caracterizados por baja saturación y tonalidad con tendencia hacia colores morado rojizos. Estos parámetros de color se encuentran estrechamente relacionados con el contenido de antocianinas, debido a que son compuestos fenólicos responsables de las coloraciones azul, violeta y rojo (Salinas-Moreno *et al*., 2021).

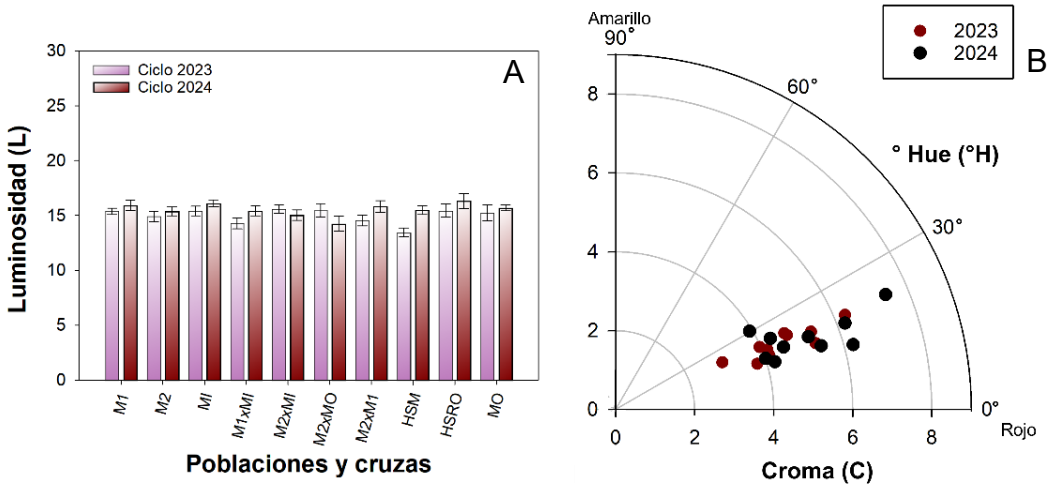


Figura 1. Parámetros de color A) luminosidad y B) Croma y ángulo hue, entre poblaciones y cruzas de maíz morado sembrados en los ciclos primavera-verano 2023 y 2024, Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

En la Figura 2, se presentan los contenidos de antocianinas totales (CAT) en grano y olote, EC3G/ 100 g de muestra en base seca. La media de cruzas y poblaciones del CAT fue de 290.4 mg/100 g, los valores más altos de CAT en grano se registraron en la población MO (573.3 mg/100 g), seguida de la cruza M2 x MO (380.6 mg/100g) y el valor más bajo se registró en la cruza simple HSRO (182.1 mg/100g) (Figura 2A). Respecto al CAT olote, se observó una tendencia similar al contenido del grano, donde la población Morado Original tuvo el valor más alto (2531.8 mg/100 g), seguido de la cruza Morado 2 x Morado Original (2281.2 mg/100 g) y la cruza simple HSRO registró CAT más bajo en olote (751.6 mg/100 g) (Figura 2B).
Nótese que los valores de CAT en grano y olote en las poblaciones M1 y M2 son menores que los de la población MO, aquí es importante señalar que las poblaciones M1 y M2 se mejoraron para características agronómicas y en el caso de M2, se obtuvo mediante la conversión de grano blanco a morado, por tanto, en el proceso de selección se pierden antocianinas porque se privilegia la selección de características agronómicas. Sin embargo, al cruzar M2 x MO, el CAT grano y olote se elevan, donde la media del CAT olote de la cruza, M2 x MO fue estadísticamente igual a la de la población MO. Este resultado es importante porque muestra que el CAT del grano y olote pueden recuperarse volviendo a cruzar la población seleccionada M2 con la original MO, conservando ventajas agronómicas ganadas en la población M2 (Datos no presentados). Los valores de CAT de las poblaciones y cruzas evaluados son similares a los informados en las cruzas simples exploratorias de grano morado en donde participan líneas de la población M2 (Ramírez *et al,* 2025).
En el análisis de los años, hubo diferencias significativas entre las medias de CAT olote, pero en el CAT grano y en las interacciones CAT grano x año y CAT olote x año no hubo significancia, lo cual indica que en los dos años de prueba el CAT tuvo poca variación cuando se evalúa en la misma localidad, no así en el CAT olote, que presentó diferencias marcadas en los genotipos M2 x M1, M2, Mo, HSM y HSRO (Figura

2).

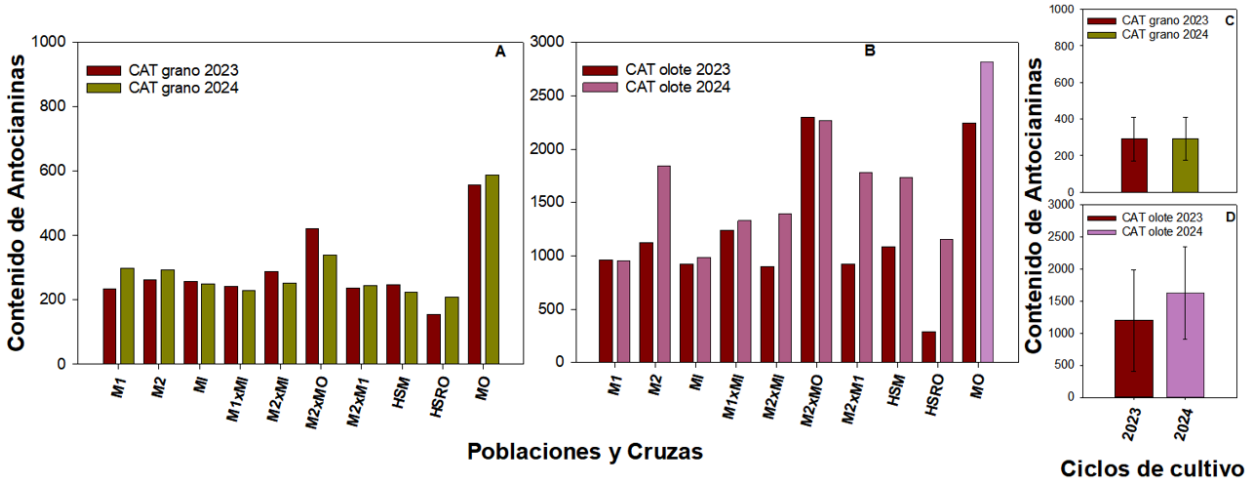


Figura 2. Contenido de antocianinas totales (mg/100 g) en grano (A) y olote (B) y media de CAT por ciclo de cultivo en grano (C) y olote (D) de poblaciones y cruzas de maíz morado evaluadas en los ciclos agrícolas de primavera-verano 2023 y 2024 Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

Conclusiones

El efecto de año fue mayor significativamente en el contenido de antocianinas del olote que en el grano. Los valores del CAT grano y olote fueron consistentes a través de los dos años de prueba, pues no hubo diferencias significativas en las interacciones CAT grano x año y CAT olote x año.

La cruza entre las poblaciones M2 x MO incrementó el contenido de antocianinas en grano y olote respecto a la población M2, y es una fuente de germoplasma confiable para utilizarse en la obtención de líneas con mayor contenido de antocianinas en grano y olote que en la población M2.

Fuente financiadora

INIFAP, a través del Proyecto fiscal con Núm. de SIGI: 1565935830 y parcialmente financiado por el CIMMYT mediante el convenio INIFAP-CIMMYT GMP-2023-143 y GMP-2024-149.

Referencias bibliográficas

Arnold, L. E., Lofthouse, N., & Hurt, E. (2012). Artificial Food Colors and Attention-Deficit/Hyperactivity Symptoms: Conclusioness to Dye for. *Neurotherapeutics*, 9(3), 599-609. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13311-012-0133-x

Ramírez D., J. L., Ledesma M. A., Salinas M. Y., Alemán de De la T. I., Dhliwayo T. A., & Vidal M. V. (2025). Cruzas simples exploratorias de maíz morado para producción de pigmentos en pericarpio y olote. *Agronomía Mesoamericana*, 61186-61186.

Salinas Moreno, Y., Sánchez, G. S., Hernández, D. R., & Lobato, N. R. (2005). Characterization of anthocyanin extracts from maize kernels. *Journal of Chromatographic Science*, *43*(9), 483-487.

Salinas-Moreno, Y., Esquivel-Esquivel, G., Ramírez-Díaz, J. L., Alemán-de la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., & Santillán-Fernández, A. (2021). Selección de germoplasma de maíz morado (*Zea mays* L.) con potencial para extracción de pigmentos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(3), 309-321.

VALIDACIÓN DE "PITAHAYA M2024", NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO

Alberto Borbón-Gracia[1]*, José Ángel Marroquín-Morales[1], Guillermo Fuentes-Dávila[1], Gabriela Chávez-Villalba[1], Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros[1], Elizabeth García-León[2], Jorge Iván Alvarado-Padilla[3].

[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug - CIRNO - INIFAP; [2]Campo Experimental Valle del Fuerte - CIRNO - INIFAP; [3]Campo Experimental Valle de Mexicali - CIRNO - INIFAP.
*Autor para correspondencia: borbon.alberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Triticum aestivum* L., rendimiento de grano, resistencia a royas.

Introducción

La producción mundial de trigo (*Triticum* spp.) para el año 2022 fue de 946 millones de toneladas y se ubicó en tercer lugar después de maíz y arroz (FAOSTAT, 2024). Entre los principales productores se encuentran China, India, Rusia y Estados Unidos, por su parte, México ocupa el lugar 34 de los países productores de trigo (FAO, 2023).

En México existe un déficit en la producción de trigo harinero, por tal motivo debe de importar anualmente, de Estados Unidos y Canadá, el 68.9 % del trigo panificable (*Triticum aestivum* L.) que consume, para satisfacer la demanda nacional. Sus principales proveedores son: Estados Unidos y Canadá (SADER, 2021). En México, durante los años agrícolas 2020 al 2023 se produjeron 3.15 millones de toneladas en promedio, de estas, el estado de Sonora aportó el 57.4 % de la producción nacional con 1.81 millones de toneladas cada año, para convertirse en el primer estado productor de trigo en México (SIAP, 2024). Sin embargo, en el estado de Sonora predomina la siembra de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf) con alrededor de un 85 % de la superficie sembrada, por lo que se tiene que importar grano de trigo harinero para abastecer la demanda nacional.

Aunado a esto, la sequía recurrente que se presenta en el noroeste de México está afectando la superficie de cultivos como el maíz y el trigo, de ahí la importancia de generar variedades con alto potencial de rendimiento, estabilidad y con tolerancia al estrés hídrico, por lo que el objetivo del presente trabajo fue validar la variedad Pitahaya M2024 en diferentes localidades del sur de Sonora y con diferente número de riegos de auxilio.

Materiales y métodos

La nueva variedad de trigo harinero "Pitahaya M2024" se validó con productores cooperantes del sur de Sonora durante los ciclos otoño-invierno 2023-2024 y 2024-2025.

Durante el 2023-2024 se estableció en las localidades de Huatabampo, Benito Juárez y en el Valle del Yaqui; en las tres localidades se comparó contra Borlaug 100 por ser la variedad más sembrada de trigo harinero en el sur de Sonora. En cada lugar se sembraron alrededor de 0.5 ha de cada variedad durante diciembre de 2023, con una densidad de siembra de 100 kg ha^{-1}.

Al cultivo se le dio el manejo agronómico recomendado para la región (Figueroa *et al*., 2011), el cual estuvo a cargo de cada productor cooperante; en las localidades del Valle del Yaqui y Benito Juárez se aplicaron tres riegos de auxilio, mientras que en Huatabampo fueron dos riegos de auxilio por falta de agua. Solamente se realizó un control químico de maleza de hoja ancha y angosta, ya que ambas variedades son resistentes a la roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks.) y la roya amarilla o lineal (*Puccinia striiformis* Westend.).

La cosechó se realizó en mayo de 2024, trillando el total de la parcela, y posteriormente se pesó con un carro-báscula en el mismo sitio, extrapolando el rendimiento a toneladas por hectárea. Para el ciclo 2024-2025, la validación se realizó solamente en la zona de Huatabampo, ya que, por escasez de agua para riego, la superficie sembrada con trigo estuvo limitada; en este ciclo se dio el mismo manejo que en 2023-2024 y se aplicaron tres riegos de auxilio.

Resultados y discusión

En el ciclo otoño-invierno 2023-2024 la variedad Pitahaya M2024 superó el rendimiento de grano de la variedad Borlaug 100 en todas las localidades donde se evaluó (Cuadro 1). En promedio, la nueva variedad superó el rendimiento de Borlaug 100 con 5.5 %, cabe destacar que en la localidad de Huatabampo, con

solo dos riegos de auxilio presentó un rendimiento superior a las 8.5 t ha^{-1}, 8.2 % más que la variedad testigo.
Durante el ciclo otoño-invierno 2024-2025 Pitahaya M2024 con una producción de 8,752 kg ha^{-1} superó el rendimiento de Borlaug 100 con un 6.4 % como se puede observar en el Cuadro 2. Cabe destacar que ambas variedades presentan características de calidad industrial muy similares, y hasta la fecha muestran resistencia a las razas de roya que afectan al cultivo de trigo en el sur de Sonora.

Cuadro 1. Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) de las variedades Pitahaya M2024 y Borlaug 100, evaluadas con productores cooperantes del sur de Sonora, durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024.

Genotipo	Benito Juárez	*Huatabampo	Valle del Yaqui	Promedio
Pitahaya M2024	8274	8522	7156	7984
Borlaug 100	7796	7869	7031	7565

*dos riegos de auxilio

Cuadro 2. Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) de las variedades Pitahaya M2024 y Borlaug 100, evaluadas con productores cooperantes del sur de Sonora, durante el ciclo otoño-invierno 2024-2025.

Genotipo	Huatabampo
Pitahaya M2024	8752
Borlaug 100	8222

Conclusiones
La validación mostró que la variedad Pitahaya M2024 tiene alto potencial de rendimiento y estabilidad en los diferentes ciclos y localidades donde se evaluó, razón por la cual se liberó como nueva variedad en beneficio de los productores de trigo del noroeste de México, ya que mejora el rendimiento de grano y a su vez aumenta el mosaico de variedades en la región, para un mejor manejo integrado de enfermedades.

Agradecimientos
Se agradece al INIFAP por el apoyo al proyecto “Programa nacional de mejoramiento genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable de trigo en México”.

Fuente financiadora
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Referencias
FAO. (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL
FAOSTAT 82024). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI
Figueroa-López P., Fuentes-Dávila G., Cortés-Jiménez J. M., Tamayo-Esquer L. M., Félix-Valencia P., Ortiz-Enríquez J. E., Armenta-Cárdenas I., Valenzuela-Herrera V., Chávez-Villalba G. y Félix-Fuentes J. L. (2011). Guía para producir trigo en el sur de Sonora. Folleto para productores N° 39. Cd. Obregón, Sonora, México.
SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) (2021) Trigo panificable, saludable para el campo. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/trigo-panificable-saludable-para-el-campo
SIAP. (2024). Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Sonora, México. http://www.siap.gob.mx.

VALORACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE JITOMATES NATIVOS (*Solanum lycopersicum* L.) CON SUS PROGENITORES

Jaime Canul-Ku[1*], Edwin Javier Barrios-Gómez[1], Enrique González-Pérez[2], Sandra Eloísa Rangel-Estrada[1], Eleodoro Hernández-Meneses[3]

[1]CE Zacatepec-CIRPAS-INIFAP, [2]CE Bajío-CIRCE-INIFAP, [3]Universidad Autónoma Chapingo.
*Autor para correspondencia: canul.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: Mejoramiento genético, fruto, rendimiento.

Introducción

En la mayoría de platillos de la gastronomía mexicana se emplea el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), ya sea como ingrediente principal o condimento. También es componente de salsas, ensaladas y conservas. El principal centro de domesticación del jitomate es México por la diversidad genética de la especie. El manejo agronómico, a cargo de los productores de diversas culturas, y las condiciones ambientales restrictivas de producción favorecieron la amplia variación morfo fenotípica observada en la actualidad.

La variabilidad genética del jitomate en México se expresa en frutos de distintos colores, sabores, formas y tamaños (Canul-Ku *et al*., 2022a,b). Estas características representan la materia prima base para generar nuevas combinaciones alélicas, que eventualmente darán origen a nuevas variedades con cierto grado de tolerancia a enfermedades emergentes. Además, la mejora genética podría explorar el incremento de compuestos volátiles, el contenido de sólidos solubles, el periodo de vida poscosecha y la firmeza del fruto. Actualmente, el mercado demanda productos nutracéuticos de alta calidad nutricional. No obstante, en México no se disponen de variedades o híbridos de origen nacional que cumplan estas exigencias.

El mejoramiento genético en jitomate se ha enfocado a incrementar el rendimiento con base en el tamaño y peso del fruto, pero recientemente se trata de incluir la calidad nutricional y contenido de metabolitos.

La mayor parte de la superficie cultivada de jitomate en México se establece con semilla mejorada procedente del extranjero. Esta condición propicia la fuga de divisas, el pago de regalías y el incremento de costos de producción.

Ante esta situación, el Programa de Hortalizas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) trabaja en la mejora genética del jitomate a partir del germoplasma nativo (Canul-Ku *et al*., 2025). Las dos principales estrategias de mejoramiento genético aplicadas son la selección y la hibridación. Después de obtener las progenies híbridas por cruza manual, es fundamental evaluarlas para identificar aquellos genotipos superiores que reúnen características deseables y descartar, en fases tempranas, individuos de fenotipo no deseable. El objetivo de esta contribución fue evaluar el comportamiento agronómico de híbridos experimentales y sus progenitores de jitomates nativos sobre características de fruto y rendimiento en las condiciones ambientales del Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Campo Experimental Zacatepec, Morelos, México del INIFAP, ubicado en las coordenadas 18° 39’ 16’ N y -99° 11’ 54.7’ O, a 911 m de altitud. El material genético consistió de cuatro progenitores, considerando a un parental como masculino y los restantes como femeninos. El cruzamiento manual se hizo en el ciclo de cultivo 2019 aplicando la metodología descrita por Canul-Ku *et al*. (2023). El progenitor masculino se recolectó de una población nativa en Dzitbalché, Campeche (P1) caracterizada por sus frutos tipo medio riñón. De los tres progenitores femeninos, uno procedía de Zozocolco de Hidalgo, estado de Veracruz (P2) con frutos tipo cherry; el segundo se obtuvo de Tlacolula, Oaxaca (P3) con frutos tipo medio saladette y el tercero se colectó de una población nativa de Altepexi, Puebla (P4) con frutos tipo chino criollo.

Los progenitores e híbridos se cultivaron en el ciclo 2021 bajo una cubierta plástica tipo invernadero y paredes laterales cubiertas con malla antiáfidos. Las semillas de los progenitores y de los híbridos se sembraron en charolas de poliestireno de 50 cavidades con sustrato comercial Sunshine Mix® No. 3. En etapa de cuatro hojas verdaderas se trasplantaron a macetas de 12 pulgadas. El sustrato fue mezcla de ocochal (hojarasca de ocote descompuesta), atocle (suelo de vega de río) y polvillo de coco en block ¾ Pelemix® en proporción 60:20:20 v/v/v. Las plantas se condujeron en un solo tallo y el manejo del cultivo se hizo de acuerdo con la tecnología generada por el INIFAP C.E. Zacatepec.

El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones y la unidad experimental fueron ocho plantas. Las variables evaluadas incluyeron el diámetro polar (DP, cm) y ecuatorial (DE, cm) de dos frutos por planta y su peso (PF, g); el número de frutos (NF) y el rendimiento por planta (g). Las mediciones se hicieron en el primer racimo de cinco plantas con competencia completa por cada repetición. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) en las variables asociadas con el fruto, incluido el rendimiento (Cuadro 1). Estas respuestas indican que hubo variación entre progenitores y las progenies híbridas. En consecuencia, se infiere que el cruzamiento manual entre los progenitores nativos de jitomate propició la expresión de genotipos con características contrastantes.

Cuadro 1. Respuestas obtenidas de frutos evaluados en cuatro progenitores de jitomates nativos y tres progenies F_1.

Variable	P1	P2	P3	P4	P1xP2	P1xP3	P1xP4
NF	4.50 bc	8.88 a	2.88 c	2.33 c	8.80 a	8.40 ab	4.60 bc
DEF (cm)	61.24 a	17.51 d	22.82 cd	57.95 a	27.04 c	40.59 b	56.64 a
DPF (cm)	40.09 c	16.64 f	22.08 e	62.20 a	24.12 e	31.26 d	46.29 b
PF (g)	103.45 a	4.59 c	9.58 c	110.25 a	12.43 c	39.07 b	98.30 a
RTO (g)	545.3 ab	304.5 bc	206.5 c	270.2 bc	800.9 a	539.0 ab	384.8 bc

*Valores con la misma letra dentro de cada fila son estadísticamente iguales (Tukey α= 0.05). P= Progenitor; NF= Número de frutos; DEF= Diámetro ecuatorial de fruto; DPF= Diámetro polar de fruto; PF= Peso de fruto; RTO= Rendimiento de fruto.

La comparación de valores medios determinó que la mayor cantidad de frutos se obtuvo del progenitor P2 y de la progenie P1xP2. En contraste, el progenitor P4 y P3 produjeron la menor cantidad de frutos. El mayor diámetro ecuatorial del fruto se expresó en los progenitores P1 y P4, y en su progenie híbrida; en cambio, el menor valor fue en P2. En cuanto al diámetro polar solamente el progenitor P4 mostró el promedio máximo mientras el mínimo se obtuvo en P2. El peso de cada fruto fue mayor en los progenitores P1 y P4. En cambio, el mayor rendimiento se logró con la progenie híbrida P1xP2 y el menor rendimiento se obtuvo en P3 (Cuadro 1)

Los resultados del estudio demostraron que el uso de progenitores de distinta procedencia geográfica con características fenotípicas distintivas y propias favorecen la expresión fenotípica de híbridos diferentes. Así se observó en la progenie resultante de la recombinación entre progenitores de Campeche y Puebla. También se evidenció la escasa contribución de los progenitores recolectados en Veracruz y Oaxaca.

El mejoramiento genético del jitomate por décadas se centró en el rendimiento del fruto y sus componentes, como únicos criterios de selección. Las necesidades del mercado han cambiado y México, como centro de domesticación y diversificación, aún cuenta con una vasta diversidad genética (Canul-Ku *et al*., 2022; 2025) que puede aprovecharse para generar materiales recombinantes. Dichos materiales, después de un proceso de selección exitoso, podrían ser susceptibles de registrarse como nuevas variedades. Valencia-Juárez *et al*. (2024) mencionan que la variación morfológica encontrada en el jitomate mexicano y las características con mayores valores de selección que identificaron, pueden ser valiosas para optimizar el proceso de mejoramiento genético.

Conclusiones

Las respuestas de características de fruto y rendimiento de la progenie híbrida comparada con sus progenitores de jitomates nativos revelaron rasgos valiosos para programas de mejoramiento genético. También demuestra la diversidad genética que posee el jitomate nativo en México. Estos materiales constituyen un acervo genético necesario para continuar con la mejora genética y la generación de variedades adaptadas a las condiciones de producción de nuestro país.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen el apoyo económico proporcionado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP a través de recursos fiscales para el desarrollo de la mejora genética de jitomate nativo.

Referencias bibliográficas

Canul-Ku, J., González-Pérez E., Barrios-Gómez E. J., Pons- Hernández J. L., Rangel-Estrada S. E. 2022a. Caracterización agronómica y morfológica de germoplasma de tomate nativo del sur de México. Revista Fitotecnia Mexicana 45(1):23-31.

Canul-Ku, J., González-Pérez E., Barrios-Gómez E. J., Hernández-Meneses E., Rangel-Estrada S. E. 2022b. Variación morfológica cualitativa de germoplasma nativo de jitomate del sur de México. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research 5(2):1590-1602. DOI: 10.34188/bjaerv5n2-012

Canul-Ku J., Morán-Girón D., Barrios-Gómez E.J., Hernández-Meneses E., Rangel-Estrada S.E. 2023. Cruza manual en tomate nativo (*Solanum lycopersicum* L.) de México como base para su mejora genética. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research *6*(3): 2261-2272.

Canul-Ku, J., González-Pérez, E., Barrios-Gómez, E. J., Anaya-López, J. L., Hernández-Meneses, E., y Rangel-Estrada, S. E. 2025. Evaluación de progenies de jitomate y sus progenitores nativos provenientes del centro y sur de México. Interciencia *50*(1):16-22.

Valencia-Juárez, M.C., González-Pérez, E.; Villalobos-Reyes, S., Núnez-Colín, C.A., Canul-Ku, J., Anaya-López, J.L., Chiquito-Almanza, E., Yánez-López, R. 2024. Agromorphological evaluation of elite lines of native tomato (*Solanum lycopersicum* L.) from central and southern Mexico. Agronomy 14,2829. https://doi.org/10.3390/agronomy14122829

RECURSO FITOGENÉTICO DE NOCHEBUENA CONSERVADA POR EL INIFAP

Jaime Canul-Ku*, Edwin Javier Barrios-Gómez, Faustino García-Pérez, Sandra Eloísa Rangel-Estrada, Alejando Pérez-Rosales

CE Zacatepec-CIRPAS-INIFAP.
*Autor para correspondencia: canul.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: Accesión, bráctea, variación.

Introducción

México es un país mega diverso. Alberga un número elevado de especies nativas, endémicas y silvestres. Antes que ocurra la pérdida de biodiversidad es fundamental su resguardo en lugares apropiados como son los bancos de germoplasma. Estos resguardan material genético de interés para la humanidad. Un banco de germoplasma se define como un sitio, espacio o depósito de recursos fitogenéticos. Su principal función es resguardar durante periodos largos el germoplasma.

En la actualidad existe la necesidad de conservar la diversidad de especies que posee México. Una de las alternativas es resguardar las plantas en bancos de germoplasma. Debe tener determinadas condiciones para conservar y mantener el germoplasma en forma sexual o asexual. No obstante, existen otras formas de conservar el recurso vegetal, como planta viva. Las plantas ornamentales no son especies que producen estructuras comestibles, pero tienen alta importancia en México. Morelos se distingue por su producción de especies ornamentales, donde sobresale la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch).

El centro de origen de la nochebuena son los estados de Guerrero y Morelos (Canul *et al*., 2013). Su principal uso es como planta de ornato para la decoración de espacios de interior y exterior durante la temporada de navidad. En México, la demanda anual varía entre 20 y 30 millones de plantas. En el periodo comprendido de noviembre hasta mediados de diciembre se comercializa todo el producto, el cual genera alrededor de 718 millones 372 mil pesos.

En México, no existe un programa de rescate y conservación de la nochebuena. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha mantenido durante 15 años esta amplia diversidad genética de nochebuena. El recurso fitogenético nochebuena podría desaparecer, ya que el número de individuos que se encuentran de forma natural es pequeño y el avance demográfico, sobre todo en vivienda, orilla a que las plantas sean eliminadas del traspatio (Canul *et al*., 2013). Es importante considerar que en cualquier lugar del mundo la biodiversidad se encuentra vulnerable y expuesta a su pérdida por la presión de factores ambientales, físicos, biológicos y principalmente por la actividad del hombre. Bajo esta situación el objetivo es conservar a largo plazo de manera *ex situ* la diversidad genética de nochebuena.

Materiales y métodos

Las accesiones de nochebuena se encuentran resguardadas en el Campo Experimental Zacatepec perteneciente al Centro de Investigación Regional Pacifico Sur (CIRPAS) del INIFAP. Está situado en el Km. 0.5 de la carretera Zacatepec-Galeana, municipio de Zacatepec, estado de Morelos con coordenadas 18° 39´ 16´´ LN, -99° 11´ 54.7´´ LO y altitud de 912 metros sobre el nivel del mar. Presenta clima cálido subhúmedo Aw0 con lluvias en verano, precipitación promedio anual de 800 mm y temperatura promedio anual de 24 °C.

El germoplasma de nochebuena se recolectó en diez entidades del país en 2010. Mediante revisión bibliográfica y comunicación personal con conocedores de la especie se trazaron rutas de acopio de material propagativo de nochebuena como son muestras de varetas y semillas. Al momento de realizar esta actividad, se registró las coordenadas de los lugares de recolecta, información sobresaliente para la identificación de cada una de las accesiones y otros datos de interés como son los principales atributos fenotípicos. La información se archivó en una base de datos Excel (Canul *et al*., 2013).

La caracterización morfológica del germoplasma se realizó aplicando Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad de la Unión Internacional para la Obtención de las Protecciones Vegetales (UPOV). La caracterización se realizó en cinco plantas por cada accesión en etapa fenológica de tercer ciatio abierto. La información obtenida se analizó mediante técnicas estadísticas univariadas y multivariadas, como producto se logró definir una colección núcleo, lo que dio origen al banco

de germoplasma de nochebuena (Canul *et al*., 2014). En el 2011, se establecieron las accesiones en campo, son diversas y contrastantes en características de planta, tallo, hoja y bráctea.
Las actividades de mantenimiento se llevan cada año desde el 2011. Estas consisten en renovación de plantas, control de malezas, podas de formación y sanidad, aplicación de pesticidas y solución nutritiva, cosecha de frutos, y riegos frecuentes.

Resultados y discusión
Actualmente el banco de germoplasma de nochebuena tiene 15 años de antigüedad. Es producto de la caracterización morfológica (Canul *et al*., 2014) de accesiones recolectadas en los estados de México, Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Guerrero, Puebla, Veracruz, Oaxaca, Ciudad de México y Morelos (Canul *et al*., 2013). Los resultados mostraron una amplia variación genética en el germoplasma de nochebuena de México, ya que se lograron recolectar 133 muestras de vareta (porción del tallo) y 43 de semilla más vareta, de las cuales el 18.2% ocupaba áreas de distribución natural, 3.4% lotes comerciales y la mayor proporción en traspatio, 78.4%. El número de plantas por lugar de colecta fueron pocas, en 58.5% sólo se encontró una planta, en 7.38% había dos plantas y en 23.29% más de 11 plantas. Es preciso indicar que muestras de semilla solamente fueron obtenidas en Morelos, Guerrero y Nayarit (Canul *et al*., 2013). El banco conserva la diversidad biológica genética de nochebuena. En México es única, la más diversa y con riqueza alélica (Canul-Ku *et al*., 2018).



Figura 1. Muestra de la diversidad de brácteas de nochebuena resguardadas en el Banco de germoplasma.

Las plantas de nochebuena que integran el banco de germoplasma se encuentran en piso definitivo y algunas en maceta de 12 pulgadas. Anualmente se van renovando las plantas por problemas de sanidad. Los frutos son dehiscentes, es decir, las suturas del fruto abren al llegar a la madurez. Cuando el fruto cambia de color verde a café es el momento preciso para realizar la cosecha, por lo general se lleva a cabo en febrero y marzo. La poda es de dos tipos: de rejuvenecimiento y de formación. El primero consiste en eliminar ramas muertas, dañadas y débiles. El segundo se realiza para darle forma y arquitectura a la planta. Se lleva a cabo de una a dos podas durante el periodo de crecimiento y desarrollo.
En esta colección, existen plantas silvestres y semicultivadas que contienen genes valiosos y únicos, factibles de ser incorporados a nuevos individuos. Ejemplo de ello, son las 11 variedades con título de

obtentor (Canul *et al*., 2023), sin contar la amplia gama de genotipos avanzados que, en un corto tiempo, pueden ser liberados como nuevas variedades y que representan alternativas a las variedades predominantes extranjeras en las zonas productoras de esta especie ornamental (Canul-Ku *et al*., 2024). También el banco de germoplasma funciona como lugar de capacitación para estudiantes, productores y público en general. Además, se contribuyó en la recolección de frutos de nochebuena de sol para el Área Natural Protegida Parque Estatal El Texcal, situado en la localidad de Tejalpa, municipio de Jiutepec, estado de Morelos.

Conclusiones

Conservar la amplia diversidad genética de nochebuena a largo plazo permitirá disponer de un acervo genético para la generación de nuevas variantes con características sobresalientes y útiles para el mercado. Además, el germoplasma conservado son la materia prima disponible para desarrollar investigación en temas relacionados a la resistencia de enfermedades de la raíz, estudios de filogenia, protocolos de propagación *in vitro* y herencia de tipo mendeliano.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP por el apoyo económico para el mantenimiento del banco de germoplasma de nochebuena.

Referencias bibliográficas

Canul K. J., García P. F., Osuna C. F., Ramírez R. S., Barrios G. E. 2013. Recursos genéticos de nochebuena en México, Colecta de germoplasma para mejoramiento genético. Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México 1:20-26.

Canul K. J.; García P. F.; Barrios G. E.; Osuna C. F.; Ramírez R. S.; Alia T. I. y Montoya C. E. 2014. Caracterización morfológica de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México 2: 16-23.

Canul-Ku J., F. García-Pérez, E. J. Barrios-Gómez y S. E. Rangel-Estrada. 2018. Formación de híbridos clonales en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch). *Revista Fitotecnia Mexicana* 41(3):311-316.

Canul K. J., F. García P., E. Barrios G. y S. Estrada R. 2023. Mejoramiento genético de nochebuena en México: logros y contribuciones por el INIFAP. *Brazilian Journal of Development* 9(8):23575-23594.

Canul-Ku J., F. García-Pérez, E. J. Barrios-Gómez y S. E. Rangel-Estrada. 2024. Guillermina, variedad de nochebuena para embellecer espacios de interior. *Revista Fitotecnia Mexicana* 47(4):425-427.

BIOPROSPECCIÓN DE CONSORCIOS MICROBIANOS MULTIRREINO EN EL CRECIMIENTO TEMPRANO DEL MAÍZ

Ismael Fernando Chávez-Díaz[1*], Lily X. Zelaya-Molina[1], Odilón Gayoso-Barragán[2], Edgardo Bautista-Ramírez[3], Roberto Reynoso-Santos[4], Griselda Chávez-Aguilar[2]

[1]CNRG-INIFAP; [2]CENID Agricultura Familiar-INIFAP; [3] Campo Experimental Centro Altos de Jalisco; [4]Campo Experimental Centro de Chiapas.
* Autor para correspondencia: chavez.fernando@inifap.gob.mx

Palabras clave: Consorcio tripartita, pruebas de germinación, levaduras promotoras de crecimiento.

Introducción

Los consorcios microbianos multiespecíficos han demostrado ventajas significativas sobre los microorganismos individuales, al optimizar procesos que impactan positivamente en la nutrición, salud y desarrollo de las plantas (Maciag *et al*., 2023). Estos consorcios mejoran la actividad metabólica del suelo, promueven el crecimiento vegetal y elevan la tolerancia a factores adversos. Aunque los consorcios suelen estar formados por bacterias y en algunos casos hongos, también se ha identificado el potencial de las levaduras como bioestimulantes (Carvajal *et al*., 2024). En las etapas iniciales del maíz, la densidad y vigor del cultivo dependen de la adecuada germinación, siendo estas fases sensibles a múltiples factores estresantes (Mandić *et al*., 2023). Con base en estos antecedentes, en la presente investigación se buscó integrar bacterias, hongos y levaduras promotores de crecimiento vegetal (BPCV, HPCV y LPCV) como consorcios multirreino y evaluar su efectividad para favorecer el desempeño en la germinación y desarrollo en plántulas de maíz.

Materiales y métodos

Material biológico. Se utilizaron bacterias y levaduras de consorcios ya formulados, y dos hongos *Aureobasidiums* sp. VFRB y *Trichoderma* sp. SVA. Los hongos se integraron por afinidad (información no publicada), los tratamientos aparecen en el Cuadro 1. Como modelo vegetal se emplearon semillas de maíz hibrido INIFAP H391.

Cuadro **1. Consorcios Hongo, Bacteria, Levadura, a evaluar.**

Tratamiento	Hongos	Bacteria	Levadura
T1		Control	
T2		-	-
T3		*Pantoea* sp. CanP2-19b	-
T4		-	*Clavipora* sp. Y35
T5	*Aureobasidium* sp. VFRB	*Pseudomonas* sp. 37L	-
T6		*Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b	-
T7		Consorcio 2022	-
T8		Consorcio E2	
T9		-	-
T10		*Stenotrophomonas* sp. LIMN	
T11	Trichoderma sp. SVA	-	*Clavispora* sp. Y35
T12		*Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b	-
T13		Consorcio 2021	-

Control: No inoculadas. Consorcio 2021: Stenotrophomonas sp. LIMN+Rhizobium sp. WFRFC+Enterobacter sp. LCGM. Consorcio 2022: *Pantoea* sp. CanP2-19b+ *Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b. Consorcio E2: *Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b+ *Clavispora* sp. Y35

Efecto de los consorcios sobre el desempeño de las plántulas de maíz. Se utilizó el método para evaluación de germinación de semillas de la ISTA adaptado para la evaluación de MPCV (Calvillo-Aguilar *et al*., 2023).

Se organizaron 25 semillas como unidad experimental por tratamiento sobre hojas de papel, se inocularon según los tratamientos con propágulos fúngicos (1x10^4 propágulos/mL) y bacterias o levadura a una turbidez de 0.5 en escala McFarland. El control se trató con agua. Se formaron rollos de papel y se incubaron durante 18 días a 26±2 °C, con una humedad relativa del 60% y un fotoperiodo de 14:10 h luz:oscuridad, con una intensidad a 6 mil Lux. Al finalizar, se evaluó el porcentaje de la germinación, el efecto sobre la arquitectura (longitud y número de raicillas), y la acumulación de biomasa (peso fresco y seco).

Rasgos de promoción de crecimiento vegetal presentes en el consorcio. Se determinó el perfil enzimático de rasos asociados a la promoción de crecimiento en los microorganismos del consorcio con mejor efecto. Se evaluó la fijación de N, solubilización de P y K, movilización de Zn producción de sideróforos, producción de AIA, producción de celulasas y tolerancia a salinidad y a estrés hídrico mediante medios selectivos e indicadores.

Procesamiento de datos y análisis estadístico. Para los datos de germinación se aplicó la fórmula de RR = (Ln(Xa/Xb)*100) para determinar el radio de respuesta en la germinación de semillas en presencia de los consorcios. Estos datos, los de arquitectura de la plántula y los de acumulación de biomasa fueron sujetos a un ANOVA seguido de una prueba de Tukey una vez que se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Análisis y procesamiento fueron realizados en R versión 4.3.1 y RStudio versión 2023.06.0 Build 421.

Resultados

Germinación de maíz asistida por los consorcios. El consorcio tripartito *Aeurobasidium* sp. VFRB-*Pantoea* sp. CanP2-19b-*Clavispora* sp. Y35 aumentó en un 6% la germinación de las semillas de maíz con respecto a las plantas control (Tukey p ≤ 0.01; Figura 1A).

Modificaciones en la arquitectura en plántulas inoculadas con consorcios. El consorcio tripartito fue capaz de incrementar el 11% el largo de plúmula, el 22% el largo de raíz y 75% el número de raicillas secundarias (Tukey p ≤ 0.01; Cuadro 2).

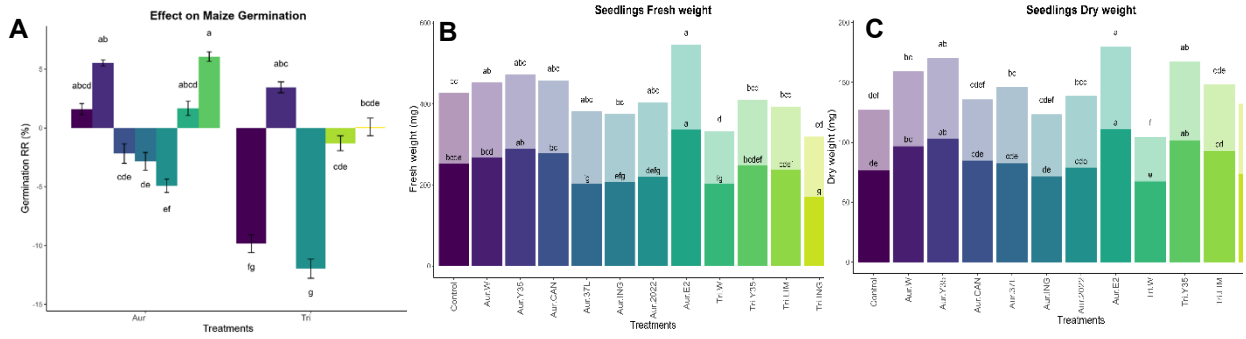


Figura 1. Efecto de consorcios sobre semillas y plántulas de maíz. A) Efecto sobre la germinación; B) Efecto sobre el peso fresco; C) Efecto sore el peso seco.

Acumulación de biomasa en plántulas inoculadas con consorcios. El consorcio tripartito aumento el peso fresco 33% en raíz y 21% en plúmula (Figura 1B), y el peso seco 45% en raíz y 36% en plúmula (Figura 1C, en comparación con las plantas control (Tukey p ≤ 0.01).

Rasgos asociados a la promoción de crecimiento vegetal en el consorcio. Los tres microorganismos mostraron perfiles deseables como biofertilizantes (Figura 2).

Discusión

En nuestro estudio la germinación, arquitectura y acumulación de la biomasa se vio afectada de forma diferencial según los consorcios utilizados. Se ha demostrado que los MCPV impactan directamente sobre la expresión génica que regula estos rasgos (Chen *et al*., 2021), lo que valida nuestros resultados.

Conclusiones

El consorcio tripartito compuesto por *Aureobasidium* sp. VFRB, *Clavispora* sp. Y35 y *Pantoea* sp. CanP2-19b (consorcio hongo-levadura-bacteria) demostró un alto potencial agrobiotecnológico.

Cuadro 2. Efecto de consorcios sobre arquitectura de la planta.

Hongo	Bacteria/Levadura	Largo de Plúmula (cm)			Largo de Raíz (cm)			No. Raíces Secundarias		
	Control	88.13	d	-	128.93	e	-	4.7	h	-
AurVFRB	-	97.67	c	+10.3%	141.63	bcd	+9.4%	6.82	e	37%
	ClaY35	96.73	c	+9.3%	153.47	a	+17.4%	9.54	a	71%
	PanCAN	92.44	cd	+4.8%	143.88	b	11%	8.66	b	61%
	Pse37L	119.27	a	+30.3%	135.47	cde	5%	5.57	g	17%
	PseING	107.5	b	+19.9%	134.31	e	+4.1%	6	f	27%
	Con2022	111.87	b	+23.9%	135.33	cde	+4.9%	7.66	d	49%
	ConE2	98.73	c	+11.36%	160.8	a	+22.1%	9.94	a	75%
TriSVA	-	73.44	e	-18.2%	113.94	f	-12.4%	4.47	h	+0.8%
	ClaY35	92.94	cd	+5.3%	142.63	bc	+10.1%	6.91	e	39%
	SteLIMN	89.19	d	+1.2%	135.13	cde	+4.7%	6.15	f	27%
	PseING	112.6	ab	+24.5%	130.33	e	+1.1%	6.93	e	39%
	Con2021	78.2	e	-12%	139.93	bcd	+8.2%	8.19	c	56%

Para cada variable, los valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas (n = 25; ANOVA de dos vías, prueba de Tukey p ≤ 0.01). La tercera columna muestra el porcentaje de radio de respuesta de las plántulas para cada variable en presencia de microorganismos, en relación con las plantas control. El experimento se realizó en dos ocasiones y los datos de ambos ensayos se analizaron de forma conjunta. AurVFRB: *Aureobasidium* sp. VFRB; TriSVA: *Trichoderma* sp. SVA; Control: Plántulas no inoculadas; ClaY35: *Clavispora* sp. Y35; PanCAN: *Pantoea* sp. CanP2-19b; Pse37L: *Pseudomonas* sp. 37L; PseING: *Pseudomonas* sp. IngP1.1-2b; Con2022: Consorcio 2022 (PanCAN + Pse37L + PseING); ConE2: Consorcio E2 (PanCAN + ClaY35); SteLIM: *Stenotrophomonas* sp. LIMN; Con2021: Consorcio 2021 (SteLIM + RhiWFRFC + EntLCGM).

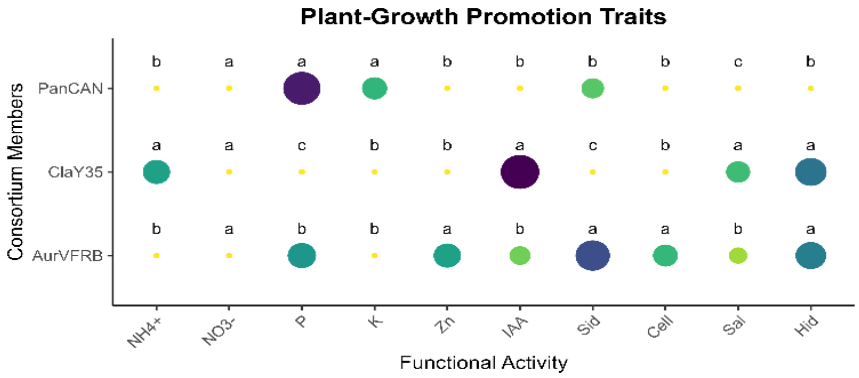


Figura 2. Perfil de rasgos asociados a la promoción de crecimiento vegetal en el consorcio tripartito.

Fuente financiadora
The Nature Conservanci.

Referencias bibliograficas

Calvillo-Aguilar, F.F., *et al*. 2023. J. Microbiol. Methods 207, 106708. https://doi.org/10.1016/j.mimet.2023.106708.
Carvajal, M., *et al*. 2024. Plant Soil 496, 83–93. https://doi.org/10.1007/s11104-023-05906-x.
Chen, W., *et al.* 2021. Front. Plant Sci. 12. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.777357.
Maciag, T., *et al*. 2023. Int. J. Mol. Sci. 24, 12227. https://doi.org/10.3390/ijms241512227.
Mandić, V., *et al.* 2023. Biotechnol. Anim. Husb. 39, 195–203. https://doi.org/10.2298/BAH2302195M

MATERIALES DE ARROZ CON RIEGO DE AUXILIO EN EL CICLO DE PRIMAVERA-VERANO

Antonio Villalobos-González[1], Mónica Beatriz López-Hernández[2*], Leonardo Hernández-Aragón[3], Hermes Pérez-Hernández[1], Leticia Tavitas-Fuentes[3]

[1]Campo Experimental Edzná, INIFAP, Campeche, México. [2]Ingeniería en Agronomía, Instituto Tecnológico de Chiná, Tecnológico Nacional de México, Campeche, México.[3]Campo Experimental Zacatepec, INIFAP, Morelos, México.
*Autor para correspondencia: monica.lh@china.tecnm.mx

Palabras clave: Características, variedad, genética.

Introducción

La escasez de agua y el cambio climático plantean nuevos desafíos a la gestión del riego para la producción de cultivos agrícolas. Por lo que el cambio climático aumenta la demanda de agua y disminuye el rendimiento de cultivos, tales como el arroz (El-Nashar y Elyamany, 2023). Entre las estrategias para atender los desafíos del cambio climático es el estudios e identificación de materiales promisorios en condiciones de temporal y riego de auxilio. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de características agronómicas de materiales de arroz en condiciones de temporal y riego de auxilio en el ciclo de primavera-verano.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el Sitio Experimental Edzná, ubicado en la localidad de Uzahzil Edzná, Municipio de San Francisco de Campeche, Camp., México (19.609430 y longitud: -90.220306, y 27 msnm). El experimento se desarrolló sobre los suelos denominados en la región como Yax-chom y/o llamados Vertizoles, que agrupo a seis materiales de arroz provenientes del Campo Experimental Zacatepec: Miloax 98-2, Temporalero A-95, Pacifico FL 15-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P, Golfo FL-16 y Veracruzana A-21-3, que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y ubicado en el estado de Morelos, México.

Los materiales de arroz se establecieron de forma manual en julio del 2024. Para ello se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela estaba constituida de seis surcos de seis metros de longitud, separados a 0.20 metros entre surco. Alrededor todo el contorno de las parcelas útiles se formaron bordos para la aplicación de riego de auxilio.

Antes de emerger las plántulas en el experimento se realizó la aplicación de 150 ml de Glufosinato de amonio más 100 mil de Tromba (2,4-D Amina), mesclados en 20 litros de agua. En relación a la fertilización, se utilizó la fórmula 92-46-60. La cual se aplicó el 100 % del fósforo antes del segundo rastreo agrícola. Mientras que la urea se fracciono en dos partes, aplicando el 50 % a los 35 días después de la germinación y el otro 50 % a la formación del primordio floral. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio (uno en septiembre y noviembre y dos en diciembre).

Se registró la altura de planta (ALP, cm), que se determinó al promediar 20 plantas y medirse con un flexómetro desde la base del suelo hasta el ápice de la panícula más alta. De 20 plantas se midió la longitud de la panícula (LOP, cm) y hoja bandera (LHB, cm), y ancho de hoja bandera (AHB, cm) con una regla metálica. En 20 panículas se registró y promedio el número de semillas completas (NSC), vanas (NSV) y totales (NST), peso de semilla completas (PSC, mg), vanas (PSV, mg) y totales (PST, mg) por panícula. Los datos de las variables fueron sometidos a un análisis de varianza en el programa SAS (Statistical Analysis System, para Windows Versión 9.0) (SAS, 2002) en forma individual. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de la diferencia mínima significativa (Tukey) a un nivel de probabilidad de error de 0.05.

Resultados y discusión

Se detectó significancia (P≤0.05) para la fuente de variación material en las 10 características evaluadas (Cuadro 1). De tal forma que, de acuerdo con la suma de cuadrados medios, se observó una mayor variación en el PSC y PST. En relación a la comparación de medias, el análisis de varianza arrojo diferencias significativas para ALP, LOP (Figura 1), LHB, AHB, NSC, NSV, PSC, PSV y PST, con excepción de NST (Cuadro 2). En ALP, sobresalió Temporalero A-95 con un promedio de 127 cm en comparación con Golfo FL-16, Pacifico FL 15-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y Veracruzana A-21-3 que obtuvieron en

promedio una ALP de 115 cm (Figura 1A). Mientras que en la LOP destaco Golfo FL-16 con 27.3 cm (Figura 1B). Rodríguez *et al*. (2022) indica que genotipos de porte bajo e intermedio son deseables en un programa de fitomejoramiento.

Cuadro 1. Resultados del ANOVA de cuadrados medios de porcentaje de emergencia y otras características de materiales de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2024.

FV	GL	ALP	LOP	LHB	AHB	NSC	NSV	NST	PSC	PSV	PST
MAT	5	117.3*	22.8**	40.9*	0.1**	2912*	91.1*	2269*	1850280*	2087*	1767455*
REP	4	12.0^{ns}	6.9*	30.2*	0.01^{ns}	1720^{ns}	17.6^{ns}	1821^{ns}	1272336^{ns}	196^{ns}	1268332^{ns}
Error	20	22.8	2.4	8.3	0.01	613	14.5	653	459549	682	462673
Error total	29										
C.V. %		4.0	6.3	10.4	7.1	17.9	27.0	16.8	17.8	36.2	17.5

FV=Factor de variación; GL=Grados de libertad; MAT=material; REP=repetición; ALP=altura de planta; LOP=longitud de panícula; LHB=longitud de hoja bandera; AHB=ancho de hoja bandera; NSC=número de semillas completas; NSV=número de semillas vanas; NST=número de semillas totales; PSC=peso de semillas completas; PSV=peso de semillas vanas; PST=peso de semillas totales por espiga; *=P≤0.05; **=P≤0.01; ^{ns}= no significativo.

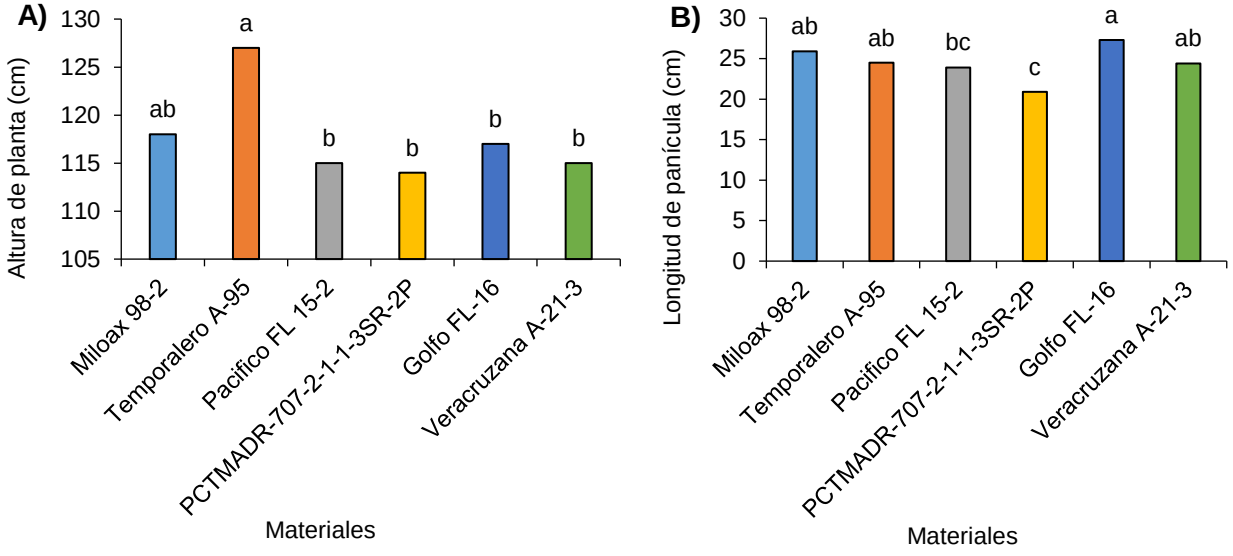


Figura 1. Comparación de medias de materiales de arroz con base a la altura de planta (A) y longitud de panícula (B). Ciclo de Primavera-Verano 2024.

Cuadro 2. Comparación de medias de materiales de arroz con base a características agronómicas de plantas de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2024.

Material	LHB (cm)	AHB (cm)	NSC	NSV	NST	PSC (mg)	PSV (mg)	PST (mg)
Miloax 98-2	28.6 ab	1.4 b	139 abc	20 a	159 a	3546 ab	103 a	3649 ab
Temporalero A-95	30.7 a	1.4 b	119 bc	16 ab	135 a	3471 ab	77 ab	3548 ab
Pacifico FL 15-2	30.6 a	1.4 b	113 c	17 ab	129 a	3220 b	85 ab	3305 b
PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P	26.1 ab	1.7 a	163 ab	8 c	171 a	4284 ab	49 b	4334 ab
Golfo FL-16	26.5 ab	1.3 bc	170 a	10 bc	179 a	4792 a	54 ab	4846 a
Veracruzana A-21-3	23.3 b	1.2 c	122 abc	14 abc	136 a	3449 ab	62 ab	3511 ab

Letras iguales denotan que no hay diferencia significativa (P≤0.05). LHB=longitud de hoja bandera; AHB=ancho de hoja bandera; NSC=número de semillas completas; NSV=número de semillas vanas; NST=número de semillas totales; PSC=peso de semillas completas; PSV=peso de semillas vanas; PST=peso de semillas totales por espiga.

El material Temporalero A-95 y Pacifico FL 15-2 presentaron mayor LHB con un promedio de 31 cm. Para el AHB sobresalió PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P con 1.7 cm. También Golfo FL-16 destaco por presentar mayor NSC (170 semillas), PSC (4792 mg) y PST (4846 mg), que además se ubicó entre los materiales con menor NSV. Mientras que Miloax 98-2 obtuvo el mayor NSV (20 semillas) y PSV (103 mg). Las mayores correlaciones fueron entre PSC-PST (0.99**); NSC con NST (0.98**), PSC (0.96**) y PST (0.96**). Sin embargo, no se presentaron correlaciones positivas de la ALP, LHB y AHB con el resto de las características evaluadas (Cuadro 3). Resultados similares fueron observados por Diaz *et al*. (2000) al obtener correlaciones positivas entre el NSC-PSC y que contribuyo a un mayor rendimiento.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson de características agronómicas de plantas de arroz. Ciclo Primavera-Verano 2024.

	ALP	LOP	LHB	AHB	NSC	NSV	NST	PSC	PSV
LOP	0.07^{ns}								
LHB	0.11^{ns}	0.25^{ns}							
AHB	0.11^{ns}	0.33^{ns}	0.26^{ns}						
NSC	0.27^{ns}	0.35^{ns}	0.21^{ns}	0.32^{ns}					
NSV	0.27^{ns}	0.18^{ns}	0.26^{ns}	0.23^{ns}	0.28^{ns}				
NST	0.24^{ns}	0.40*	0.26^{ns}	0.29^{ns}	0.98**	0.13^{ns}			
PSC	0.23^{ns}	0.43*	0.23^{ns}	0.22^{ns}	0.96**	0.34^{ns}	0.94**		
PSV	0.23^{ns}	0.12^{ns}	0.21^{ns}	0.12^{ns}	0.19^{ns}	0.89**	0.05^{ns}	0.25^{ns}	
PST	0.22^{ns}	0.44*	0.24^{ns}	0.22^{ns}	0.96**	0.32^{ns}	0.95**	0.99**	0.22^{ns}

**=significancia con P ≤ 0.01; *= significancia con P ≤ 0.05; ns=no significativo; ALP=altura de planta; LOP=longitud de panícula; LHB=longitud de hoja bandera; AHB=ancho de hoja bandera; NSC=número de semillas completas; NSV=número de semillas vanas; NST=número de semillas totales; PSC=peso de semillas completas; PSV=peso de semillas vanas; PST=peso de semillas totales por espiga.

Conclusiones

Con base a su mejor comportamiento en altura de planta, longitud de panícula, número y peso de semillas completas, y menor número de semilla vanas sobresalió Golfo FL-16. El estudio también permitió observar que mayormente se asociaron características de la semilla, que preliminarmente estos grupos podrían ser de utilidad en la caracterización de materiales en condiciones de temporal con riego de auxilio en programas de mejoramiento genético.

Agradecimientos

Al laboratorio de Ecofisiología de Cultivos Tropicales del Tecnológico Nacional de México (TECNM) Campus Chiná, Campeche, Mexico por brindar su apoyo durante el presente estudio.

Fuente financiadora

Este trabajo fue apoyado con recursos internos del INIFAP con base al proyecto con número 2-1.6-9405836229-A-M.2-2.

Referencias bibliográficas

Díaz, S.H., Castro, R., Morejón, R. 2000. Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). Cultivos Tropicales 21 (3): 81-86.

El-Nashar, W., Elyamany, A. 2023. Adapting Irrigation Strategies to Mitigate Climate Change Impacts: A Value Engineering Approach. Water Resources Management 37:2369–2386.

SAS, 2002. The SAS System Release for Windows 9.0; SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA, 2002.

Rodríguez, B.L., Quintero, C., Cuásquer, J., Graterol, E., García, D.M., Cruz, G.M. 2022. Morpho-agronomic and molecular comparison of fourteen varieties of rice (Oryza sativa) with the lines that gave them the origin. Acta Biológica Colombiana 27(1):5-16.

H-77: HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ GRANO BLANCO PARA LA REGIÓN DE LOS VALLES ALTOS DEL CENTRO DE MÉXICO

Gustavo Adrián Velázquez Cardelas[1], Claudia Pérez Mendoza[2*], María Gricelda Vázquez Carrillo[2]

[1]CE Valle de México-CIRCE-INIFAP. Hasta diciembre de 2020; [2]CE Valle de México-CIRCE-INIFAP. Correo electrónico: perez.claudia@inifap.gob.mx

Palabras claves: Mejoramiento, rendimiento, calidad.

Introducción

En la Región Centro de México se siembran bajo condiciones de temporal 1,882,298 ha, de las cuales 974,156 ha (51.8%) se siembran en áreas de los Valles Altos (2101 a 2650 msnm). En la Región de Valles Altos del Centro de México se siembran predominantemente maíces nativos bajo condiciones de temporal, los cuales presentan susceptibilidad al acame, dificultando la cosecha mecánica y pérdida en el rendimiento de grano. Aun cuando se disponen de variedades mejoradas para siembras en esta región, las condiciones relacionadas con el cambio climático reflejadas en mayores temperaturas, sequia e inundación hace necesario disponer de nuevos híbridos de maíz de ciclo intermedio-precoz que aseguren una producción en condiciones de siembras retrasadas.

Con el propósito de satisfacer la necesidad de híbridos para esa condición, en los últimos años en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se formaron nuevos híbridos de maíz con mayor precocidad tratando de conservar el potencial de rendimiento de los híbridos de mayor ciclo de cultivo. Adicionalmente, se han buscado menores portes de planta, mayor tolerancia al acame y a las principales enfermedades que se presentan en la región. Por ello el objetivo del estudio es presentar al nuevo híbrido de maíz H-77, de grano blanco para la Región de los Valles Altos del Centro de México.

Materiales y métodos

En los últimos 15 años el programa de mejoramiento genético de maíz del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP realizó las siguientes actividades con la finalidad de identificar nuevos híbridos de maíz:

Origen. Se formaron híbridos experimentales de maíz con base en líneas progenitoras S_{10} del Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMyT), así como de líneas endogámicas de maíz de INIFAP S_{10} de ciclo precoz, las cuales fueron derivadas de cruzas simples entre líneas intermedias con líneas precoces por el método de pedigrí. En el año 2013 se identificó al H-77; esto, por su precocidad y buen rendimiento dentro de un grupo de 98 híbridos experimentales de maíz. El híbrido H-77 y sus testigos fueron evaluados en el periodo de 2013-2018 en condiciones de temporal y punta de riego en localidades representativas de la Región de Valles Altos del Centro de México (2250 a 2650 msnm).

Descripción varietal. Durante los ciclos de primavera-verano del periodo de 2016 a 2018, se realizó la descripción del H-77, utilizando la Guía Técnica de Maíz de la Unión de Productores y Obtentores de Variedades (UPOV), Guía Técnica para la Descripción Varietal de Maíz (SNICS, 2014) y el Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (Carballo y Benítez, 2003).

Resultados y discusión

Origen: El H-77 es un maíz hibrido trilineal de ciclo intermedio-precoz, producto de la cruza simple del CIMMyT (CML246 (P800-C2-FS22-1T-2-3TL-1-2-7TL-B) x CML242 (BATAN 8785-HS10-1-1-2TL-1-3TL-3-1TL-B), con el progenitor masculino M-65 (LMPVA-12-1-2-3-2-2-1-1) del INIFAP.

Registro del híbrido. El H-77, es propiedad del INIFAP y se encuentra inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) con el número de registro: MAZ-2513-150623 y con número de título de obtentor: 2393.

Descripción varietal. El híbrido H-77 es de ciclo vegetativo intermedio-precoz, con 72 días a la floración y 170 días a la cosecha. Posee una altura de planta de 210 a 240 cm (Figura 1) y de 90 a 100 cm en altura de mazorca; sus hojas son de color verde oscuro. La coloración e intensidad por antocianinas en los estigmas es ausente y el desarrollo de filodios es poco. Cuenta con espigas largas (35-43 cm), compacta, densidad media de espiguillas y coloración débil por antocianinas de las glumas.



Figura 1. Aspecto de planta y mazorca del híbrido de maíz H-77.

El grano es de color blanco cremoso y semidentado. Las características de la mazorca del híbrido H-77 es de forma cónica-cilíndrica (Figura 1), con número de hileras de mazorca de 12 a 16, número de granos por hilera de 31 a 40, longitud de la mazorca de 10 a 18 cm, diámetro de mazorca de 2 a 5 cm y color del olote ausente.

En ensayos de rendimiento realizados por un período de seis años (2009 a 2019) durante el ciclo primavera-verano bajo temporal y en diferentes localidades, el H-77 presentó rendimientos promedios de grano de 7.0 t ha^{-1} en condiciones de temporal, 9.0 t ha^{-1} en punta de riego y 11.5 t ha^{-1} bajo condiciones de riego. Al compararlos con testigos de la misma precocidad, la ventaja fue de 17.7% a 43% bajo condiciones de temporal, de 21.1 a 27.8% en punta de riego y de 13 a 17.4% para condiciones de riego (Figura 2).

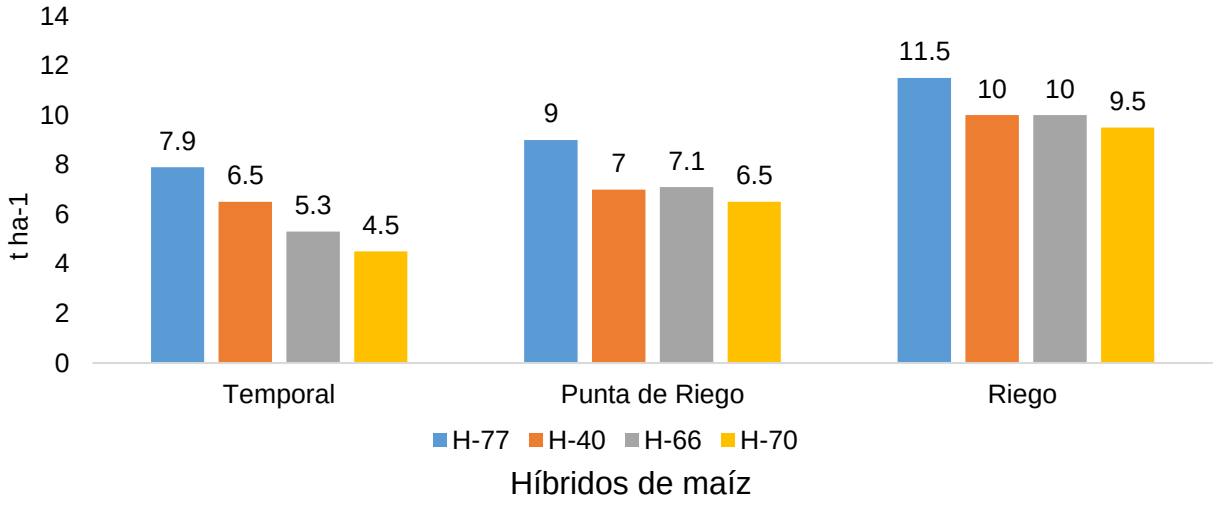


Figura 2. Rendimiento de grano del híbrido de maíz H-77 con respecto a los testigos H-40, H-66 y H-70.

El porcentaje de acame fue de 8.9% para H-77, siendo menor al de los testigos H-40, H-66 y H-70 que presentaron porcentajes de 10.8, 23.2 y 37.7 %, respectivamente. El H-77, es tolerante a las principales enfermedades que se presentan en la región de los Valles Altos como tolerante a la pudrición del tallo y mazorca (*Fusarium spp.*) y carbón de la espiga (*Sporisorium reilianum*).

Los resultados del análisis de la calidad nixtamalera-tortillera del híbrido H-77, arrojaron rendimientos de masa y tortilla de 2.04 y 1.56 kg por kg de maíz procesado, respectivamente. Sus tortillas son blancas y de buena textura. El híbrido H-77 cumple con las características físicas demandadas por la industria de masa fresca, como son: color cremoso-brillantes (reflectancia de 60%), peso de 100 granos, índice de flotación (dureza intermedia), así como peso hectolitrico (30.9 g, 53%, 75.6 kg hL^{-1}; NMX-034/1, SE, 2020). Por sus componentes químicos: proteína, aceite y fibra cruda (12.7%, 4.3% y 1.07%, respectivamente) el híbrido

H-77, está dentro de los parámetros reportados para los maíces dentados comerciales (Hernández-Galeno *et al.,* 2023).

Disponibilidad de semilla. Debido a la demanda a nivel nacional de híbridos de ciclo intermedio-precoz tolerantes a enfermedades y sequía, el INIFAP pone a disposición la semilla de los progenitores del híbrido de maíz H-77. Los productores agropecuarios, las sociedades de producción rural, las compañías de semillas de la Región de Valles Altos interesadas en este material, pueden acudir al Campo Experimental Valle de México y presentar su solicitud de necesidades de semilla.

Conclusiones

El híbrido de maíz H-77, representa una nueva alternativa para siembras de punta de riego y temporal favorable en la Región de los Valles Altos del Centro de México, ya que supera a los híbridos H-40 en precocidad y a H-70 y H-66 en productividad. Además de presentar mayor tolerancia al acame, característica que permitirá la cosecha mecánica, condición que es limitada debido a problemas de acame, reduciendo costos de cultivo y los riesgos por daño de heladas tempranas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores desean expresar sus sinceros Agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y al CIMMyT por el apoyo económico otorgado a través del proyecto: MasAgro.

Referencias bibliográficas

Carballo, C. A. y Benítez, V. A. A 2003. Manual gráfico para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 114 p.

Hernández-Galeno C.A, J.L Ramírez-Díaz, R.E Preciado-Ortiz, N.O Gómez-Montiel, F. Aragón-Cuevas, C. Pérez-Mendoza, M. Sierra-Macías, M.A. Rangel-Fajardo, C.A. Reyes-Méndez, M.A Ávila-Perches, E. Cruz-Cruz, A. Zamarripa-Colmenero (Comp.). 2023. Variedades e Híbridos de Maíz (*Zea mays* L.) del INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Oficinas Centrales. Ciudad de México. México. Libro Técnico No. 6, 150 p.

Servicio de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2014. Guía técnica para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 42 p.

SE, Secretaría de Economía (2020) NMX-034/parte1-SCFI-2020. Productos alimenticios para uso humano no industrializados-cereales-maíz-parte 1: granos para tortillas y productos nixtamalizados-especificaciones y métodos de prueba. México D.F. Secretaria de Economía. Norma Mexicana.

UPOV. 2009. Guide lines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. Maize. UPOV Code: *zea mays*. *Zea mays* L. TG/2/7. Geneva, Switzerland 64 p.

BETA-GLUCANOS Y SUS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS EN LA COLECCIÓN NACIONAL DE AVENA (*Avena sativa* L.) DEL INIFAP

Eliel Martínez-Cruz[1], Luna Carmeño Yaretzi[2], Héctor Eduardo Villaseñor-Mir, Julio Huerta Espino[1] y René Hortelano-Santa Rosa[1]

[1]Programa de Avena, Campo Experimental Valle de México, INIFAP, [2]Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo.
*Autor para correspondencia: martinez.eliel@inifap.gob.mx

Palabras clave: β-glucano, viscosidad, proteína.

Introducción

En México durante el 2023 se sembraron de avena (*Avena Sativa* L.)512 239 hectáreas, y el 93 % se destinó para la producción de forraje y el 7 % para grano con una producción de 50 000 ton (SIAP, 2024). Diversas investigaciones clasifican el grano de avena como un alimento nutracéutico para el humano debido a presencia de la fibra soluble denominada β-glucano. Los β-glucanos son polisacáridos formados por monómeros de glucosa, que se localizan en las paredes celulares del endospermo de los granos de avena con contenidos de hasta 8 % (Hughes y Grafenauer 2021). Una de las propiedades funcionales de los β-glucanos es la capacidad de formar soluciones viscosas en solución acuosa, y se han asociado a la disminución de “colesterol malo” en la sangre, regulación de la glucosa e inclusive con la modulación del sistema inmune (Gill *et al*., 2021). En México en el programa de mejoramiento genético no se han identificado su concentración y su comportamiento reológico (viscosidad) para utilizarlos como fuentes genéticas para generar variedades con mejores atributos para el consumo humano. Adicionalmente, el grano de avena presenta un mayor contenido de proteína y mejor balance de aminoácidos esenciales, que los cereales de mayor consumo en México como el maíz y trigo. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue caracterizar la colección nacional del programa de avena del INIFAP con base en su contenido de β-glucanos y proteína, así como por sus características reológicas de su harina.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizó la colección nacional del INIFAP, que lo conforman 30 variedades, cultivadas bajo condiciones de temporal.

Metodología. La harina integral de avena se obtuvo del grano previamente descascarado. La molienda se realizó en un molino tipo UDY utilizando una malla 0.5 y se tamizó a través de una malla 10 XX durante 2 min. La cuantificación de β-glucanos en porcentaje estuvo basado en la metodología propuesta por el método enzimático. El porcentaje de proteína se estimó mediante el método Kjeldahl utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, la digestión se realizó en la placa a 400 º C, se registraron los ml gastados en la titulación, y se estimó el porcentaje de proteína utilizando el factor de 6.25. El comportamiento reológico se caracterizó en un reómetro de esfuerzo controlado (DHR-3, TA-Instruments, New Castle, USA). Se utilizó una geometría de cono-plato (gap = 1000 µm, 2°/60 mm de diámetro) de acero inoxidable. Se prepararon dispersiones a una concentración del 6 % masa/masa y se sometieron a una agitación constante durante 15 min a una temperatura de 80°C.

Las propiedades reológicas fueron evaluadas a una temperatura constante de 20 °C y se determinaron en función del incremento de la velocidad de deformación de 0.1 a 100 s^{-1} durante 60 s. Se realizaron curvas de flujo graficándose el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, y para su caracterización de la viscosidad se ajustaron los datos para clasificar el comportamiento de flujo, en newtoniano, dilatante o pseudoplástico, mediante el modelo reológico de Ostwald-de Wael también conocido como la Ley de Potencia. Con la información generada se obtuvo el promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos para las variables analizadas.

Resultados y discusión

La concentración promedio de β-glucanos, en la colección nacional, fue de 2.3 %. Los valores mínimos fueron similares a los encontrados por Rauf *et al.* (2019) mientras que los máximos estuvieron por debajo del 6.3 %, reportado por estos mismos autores (Cuadro 1). El contenido de proteína, fue en promedio 17.5 % con una variación de 14.2 a 22.2 %, mientras que Ortiz-Robledo *et al*. (2013) indicaron un rango de 12.8 a 20.7 % para algunas de estas variedades. La viscosidad varió con base a las diferentes velocidades de

deformación, lo cual se debe en parte a su concentración de β-glucanos y disminuyó en función del incremento de la velocidad de deformación de 10 a 100 s^{-1}.

Cuadro 1. Valores promedio, mínimo y máximo de las variables bioquímicas y reológicas de la colección nacional de avena del INIFAP.

Variable	Media	DS	Mínimo	Máximo
Beta-glucanos (%)	2.37	0.45	1.55	3.08
Proteína (%)	17.54	2.08	14.26	22.25
Viscosidad (mPa·s)10 s^{-1}	25.93	15.67	11.26	82.35
Viscosidad (mPa·s) 50 s^{-1}	18.50	12.12	5.81	53.04
Viscosidad (mPa·s) 100 s^{-1}	16.14	11.01	4.37	44.12

DS= Desviación estándar

Se identificaron los genotipos Avemex, Tarahumara, Putnam y Turquesa con los mayores porcentajes de β-glucanos de 2.8 a 3.0 % mientras que Huamantla, Guelatao y Texas se asociaron a los más bajos de 1.5 a 1.6 %. Para el contenido de proteína, Diamante R-31, Huamantla y Tarahumara se asociaron con los valores mayores a 20 % mientras, Karma, Babicora y Gema presentaron los porcentajes menores. Tarahumara conjunto valores altos de beta-glucanos y proteína por lo que se podría utilizar como fuente genética para estos caracteres. Con base al modelo de potencia todas las variedades disminuyeron su viscosidad al incrementarse la velocidad de deformación por lo que se clasificaron como fluidos pseudoplásticos. Se identificó que la variedad Karma mostró el valor más alto de viscosidad y presentó valores aceptables (2.7 %) de β-glucanos, por lo que esta variedad puede promocionarse como apropiada para el consumo humano y utilizarse como fuente genética para estas características en el programa de mejoramiento. El comportamiento de fluido pseudoplástico de Karma y algunas variedades se presentan en la Figura 1a donde se observa que la velocidad de deformación se incrementa de manera no lineal y en la Figura 1b se representa el comportamiento de la viscosidad, que se caracterizó por tener un pico alto cuando se tienen bajas velocidades de deformación y cuando la velocidad aumentó la viscosidad disminuyó, este comportamiento se prolongó hasta llegar a un valor asintótico.

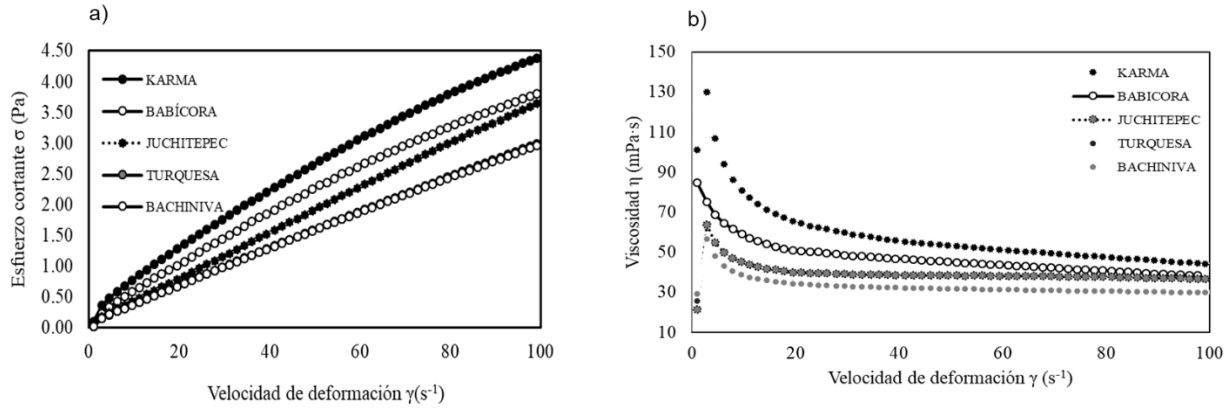


Figura 1. Curvas de flujo, esfuerzo cortante y velocidad de deformación a) y viscosidad b) en genotipos de la colección nacional de avena del INIFAP.

Conclusiones

Con base a la variación encontrada para contenido de β-glucanos, proteína y viscosidad dentro de los genotipos que conforman la colección nacional de avena del INIFAP se identificaron fuentes genéticas que se pueden de utilizar como progenitores dentro del programa de cruzamientos para generar líneas que conjunten estas características y se generen variedades apropiadas para el consumo humano.

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece el financiamiento parcial de los proyectos con recursos fiscales del INIFAP “Generación de tecnología para incrementar la productividad del cultivo de avena en México” y "Generación de variedades de avena para aumentar la productividad en México". También se agradece el apoyo técnico y científico de manera póstuma al Dr. Ramón Huerta Zurita.

Referencias bibliográficas

Gill S. K., M. Rossi, B. Bajka and K. Whelan (2021) Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* 18(2): 101-116.

Hughes J. and S. Grafenauer (2021) Oat and barley in the food supply and use of beta glucan health claims. *Nutrients* 13; 2556.

Ortiz-Robledo, F., I. Villanueva-Fierro, B. D. Oomah, I. Lares-Asef, J. B. Proal-Nájera, y J. J. Návar-Chaidez (2013) Avenanthramides and nutritional components of four mexican oat (Avena sativa L.) varieties. *Agrociencia* 47: 225-232.

Rauf M., H. Yoon, S. Lee, M. J. Shin, H. C. Ko, M. C. Lee, S. Oh, D.Y. Hyun, O. Hur and Y. M. Choi (2019) Evaluation of major dietary ingredients in diverse oats (Avena sativa L.) germplasm. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 22: 495-507.

SIAP, Servicio Información Agroalimentaria y Pesquera (2024) https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035

EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y SENSORIAL EN FRUTOS DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn)

Juan Vargas Hernández[1]*, José Luis Salinas Morales[2], Francisco Paúl Gámez Vázquez[3], Juan José García Rodríguez[3]

[1]Campo Experimental San Luis-INIFAP. Ejido Palma de la Cruz Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México. [2]SECIHTI-Programa de Posgrado en Botánica Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, 56264. México.[3]Campo Experimental Bajío-INIFAP. Km 6.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato, México, C.P. 38010, AP. 112.
*Autor para correspondencia: vargas.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fruto, semilla, pulpa.

Introducción

Enl litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) perteneciente a la familia Sapindaceae, originaria del sur de China y el norte de Vietnam (Lal y Nath 2020). En la actualidad, se han registrado 500 accesiones, con más de 300 cultivares en el Banco Nacional de Genes de Germoplasma (Liu *et al.* 2015). En México, el cultivo de litchi se ha expandido a diversas regiones, incluyendo la Huasteca de San Luis Potosí. No obstante, su desarrollo agrícola en México aún enfrenta desafíos importantes relacionados con la selección varietal, rendimiento productivo y estandarización de la calidad del fruto. El presente estudio aborda de forma sistemática la evaluación de seis cultivares en condiciones tropicales, integrando análisis de rendimiento, atributos físicos del fruto y percepción sensorial. Se presentarán resultados de la publicación "*Yield Components and Physical and Sensory Characterization in Six Litchi (Litchi chinensis Sonn) Cultivars*". Applied Fruit Science 67, 137 (2025). https://doi.org/10.1007/s10341-025-01366-y. En este sentido, el trabajo representa una contribución al conocimiento del cultivo multidimensional hacia los productores, sino que también establece una base científica para estrategias de diferenciación en el mercado local y nacional.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Sitio Experimental Huichihuayán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), San Luis Potosí, México (21° 28′21′ N 98° 58′37′ O, 95 m sobre el nivel del mar). El clima de la región es subhúmedo (Cfa), con una temperatura media anual de 23 °C, máxima 38 °C y con precipitación de 1,659 mm.

Material Vegetal. Se utilizaron seis cultivares de litchi 'Mauritius', 'Brewster', 'Groff', 'Hak Yip', 'Yu He Bao' y 'Kway My Pink' se utilizaron árboles de edad de 20 años, con un marco de plantación de 7 m entre plantas. El diseño del muestreo fue con base en lo descrito por Vargas *et al*. 2025.

Variables medidas y diseño experimental. Las variables fueron divididas en tres grupos: 1) rendimiento (número de frutos por racimo), 2) atributos físicos (peso de los componentes del fruto, dimensiones del fruto y sólidos solubles totales) y 3) características sensoriales (sabor, acidez, dulzor, textura y aceptación general). Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por cultivar, cada una con tres árboles en producción. Los datos se procesaron mediante análisis estadístico ANOVA y pruebas de comparación de medias (P≤0.05) entre los cultivares. También se aplicó el análisis de componentes principales (CP) con el programa estadístico R (R Core Team 2022).

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas en el rendimiento con capacidad de retención de frutos entre cultivares. El cultivar con mayor fruto por racimos fue 'Yu He Bao' (19 frutos/racimos), mientras que el cultivar con menos frutos por racimo fue 'Brewster' (9 frutos/racimos) (Figura 1A). Kumar *et al*. (2024), encontraron de uno a 14 frutos por racimo en genotipos de litchi proveniente de la India. Mientras que Aguas Atlahua *et al*. (2017), reportaron entre 6 y 8 frutos por racimos en cultivares de 'Mauritius' y 'Brewster'. La diferencia en la cantidad de frutos en los distintos cultivares es heterogéneo y se mantienen en la madurez de la cosecha y este puede ser un indicador de su capacidad diferencial para manejar la carga del cultivo.

La biomasa de los componentes del fruto y sus dimensiones varío significativamente, siendo Mauritius con el mayor peso en fruto (20.55 g), arilo (14.4 g) y pericarpio (3 g), también presentaron los frutos más largos

(36 mm) y anchos (31 mm), mientras que el cultivar 'Groff' fueron las de menor peso y tamaño del fruto (Figura 1b y c).

Con respecto a los sólidos solubles totales, es un componente esencial para el sabor agradable del arilo, en este estudio no se encontraron diferencias estadísticas en cinco cultivares, pero sí en Yu He Bao, respecto a los demás.

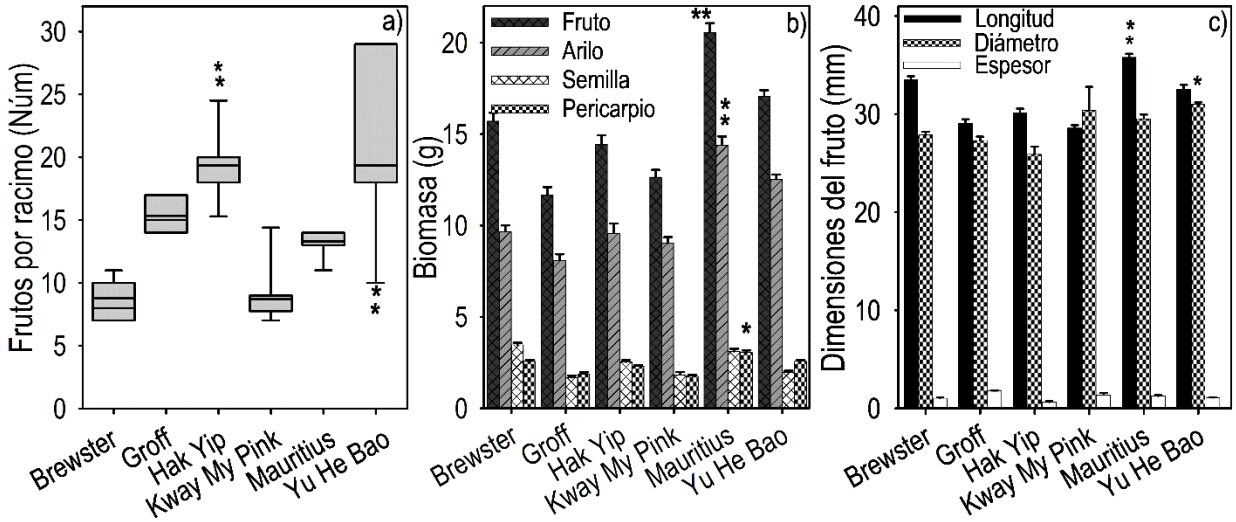


Figura 1. Número de frutos por racimo (a), biomasa de los componentes del fruto (b) y sus dimensiones del fruto de los diferentes cultivares de lichi. Un asterisco (*) sobre las barras indica diferencia significativa (P ≤ 0,05).

El Análisis de componentes (ACP) permitió cuantificar el efecto de las variables sobre aspectos físicos y la calidad del fruto de litchi entre plantas. Los tres primeros componentes acumularon el 71.6 % de la variabilidad total. La representación gráfica del CP1 explicó la mayor variación (42.2 %) en función del CP2 (15.8 %), mostrando que cada una de las variables evaluadas tuvo efectos equivalentes entre cultivares (Figura 2a).

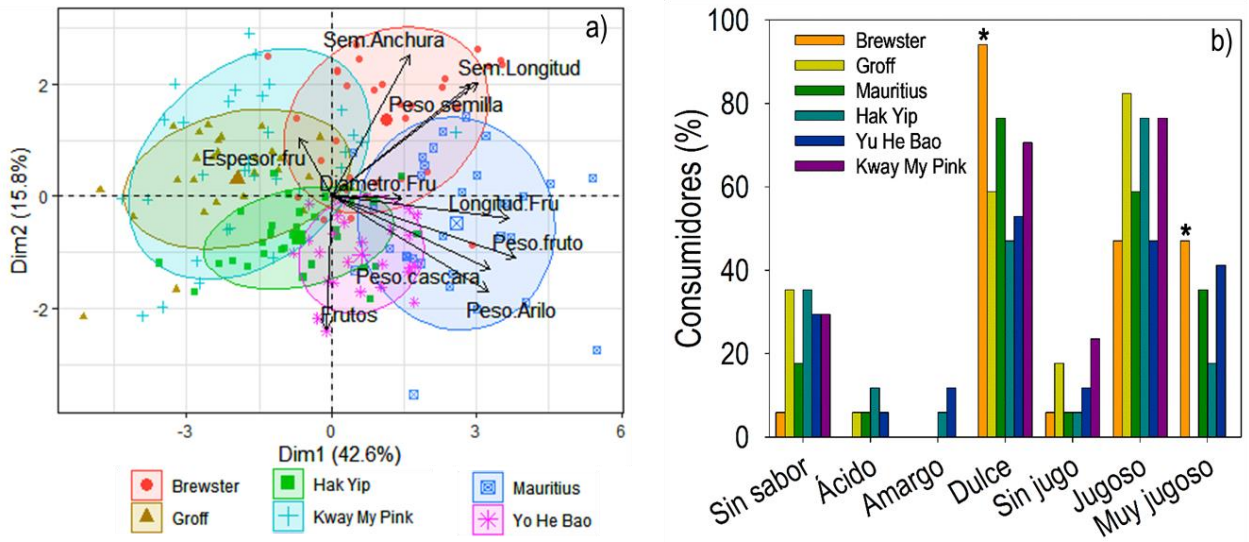


Figura 2. Análisis de componentes principales y comportamiento de parámetros físicos en frutos (a) y aceptabilidad del sabor y jugosidad de la pulpa en los diferentes cultivares de lichi. Un asterisco (*) sobre las barras indica diferencias significativas (P ≤ 0,05).

Las variables más importantes fueron las dimensiones de la semilla y el peso de la semilla en 'Brewster', mientras que los pesos en todas las estructuras y la longitud del fruto fueron mayores en 'Mauritius'. Sin embargo, 'Yu He Bao' presentó una mayor retención de frutos por racimo, lo que contribuyó en mayor medida a la variación en este cultivar. Estos resultados indican que las características físicas del fruto, principalmente las relacionadas con su biomasa total del fruto y sus componentes, son las variables más adecuadas para describir los cultivares.

En cuanto a las características sensoriales, en términos de sabor, el 94% de las frutas degustadas se calificaron como dulces y el 48% como jugosas en 'Brewster' (Figura 2b), mientras que el 50% las calificó como insípidas en los cultivares 'Groff' y 'Hak Yip'. Además, el 74% de los consumidores consideró que la pulpa de 'Mauritius' y 'Kway May Pink' era dulce y jugosa, lo cual fue bien aceptado por el panel de cata.

Conclusiones

Los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' presentan una mejor calidad física de los componentes del fruto y una mayor aceptación por parte del consumidor.

Para enriquecer el análisis de las características físicas y sensoriales del fruto de lichi, se recomienda revisar el artículo original de Vargas-Hernández *et al*. (2025), donde se realiza un estudio detallado. La información contenida en este trabajo aporta datos valiosos y actualizados que pueden complementar y ampliar la comprensión de los principales factores que afectan la calidad y productividad del lichi. La integración de estos hallazgos permitirá un análisis más robusto y fundamentado, favoreciendo futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la mejora de cultivares y manejo poscosecha.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las autoridades del Campo Experimental San Luis perteneciente al Centro de Investigación Regional Noreste del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por la gestión del apoyo financiero a través de los Proyectos Apoyo a la Investigación en su modalidad Bancos de Germoplasma: Mantenimiento de Germoplasma de Litchi en Huichihuayán.

Referencias bibliográficas

Aguas Atlahua, A., García Pérez, E., & Ruiz Rosado, O. (2017). Floración y fructificación de litchi en diferentes condiciones agroecológicas en Veracruz, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(3), 621-633.

Lal, N., & Nath, V. (2020). Effect of plant age and stress on flowering in litchi (Litchi chinensis). Curr Hortic 8(1), 24–27. https://doi.org/10.5958/2455-7560.2020.00004.7.

Liu, W., Xiao, Z., Bao, X., Yang, X., Fang, J., & Xiang, X. (2015). Identifying litchi (Litchi chinensis Sonn.) cultivars and their genetic relationships using single Nucleotide Polymorphism (SNP) markers. PLoS ONE 10(8), e135390. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135390.

Kumar, V., Verma, S. R., Singh, S. K., Tiwari, A., & Vishen, G. S. (2024). Characterization of litchi genotypes based on flowering and fruit characters. Journal of Scientific Research and Reports, 30(10), 219-228. https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i102448.

Vargas-Hernández, J., Salinas-Morales, J. L., Gámez Vázquez, F. P., & García Rodríguez, J. J. (2025). Yield Components and Physical and Sensory Characterization in Six Litchi (Litchi chinensis Sonn) Cultivars. Applied Fruit Science, 67(3), 1-8. https://doi.org/10.1007/s10341-025-01366-y.

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD INDUSTRIAL DE VARIEDADES DE TRIGO GALLETERO EN MÉXICO CON ÉNFASIS EN GRATA S2022

Eliel Martínez-Cruz[1]*, Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[1], Julio Huerta-Espino[1], René Hortelano-Santa Rosa[1], Agustín Limón Ortega[1] y Eduardo Espitia-Rangel[1]

[1]Programa de Trigo, Campo Experimental Valle de México, INIFAP.
*Autor para correspondencia: martinez.eliel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fuerza de la masa, factor galletero, gluteninas.

Introducción

En México el 53.4 % del trigo harinero se consume como pan artesanal, 13.4 % como pan industrial, 12.6 % en pasta, 9.8 % en galleta y 7.4 % en tortilla (CANIMOLT, 2024). El INIFAP ha liberado para la región del Bajío, variedades para la industria galletera nacional tales como: Salamanca S75, Cortazar S94, Bárcenas S2022, Maya S2007, Urbina S2007 y Faisán S2016 (Solís *et al*., 2019). Dichas variedades se caracterizan por ser de endospermo suave y masa débil, con una fuerza de la masa menor a 200 x10^{-4} J. Sin embargo, existen parámetros de calidad especifico por parte de la industria para mejorar el rendimiento galletero como: fuerza de la masa menor a 100 x 10^{-4} J, tenacidad menor a 40 mm, grano de endospermo suave y un factor galletero mayor a 6.0. Adicionalmente, un componente que define las características de fuerza y tenacidad de la masa y repercute en el producto final, son sus variantes alélicas de las proteínas gluteninas de alto y bajo peso molecular, por lo que es importante su identificación y asociación con las características de la masa. El objetivo de la presente investigación fue caracterizar la calidad industrial galletera de las variedades comerciales de diferentes años de liberación por parte del INIFAP y resaltar el comportamiento de la nueva variedad Grata S2022.

Materiales y métodos

Los datos de calidad industrial se obtuvieron de las cosechas realizadas en el ciclo Otoño-Invierno (O-I) 2016-17, 2017-18, 2018-19, 2019-20 y 2020-21 en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Gto. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos repeticiones y la unidad experimental fue de cuatro surcos de 3 m de longitud con una separación de 30 cm y la densidad de siembra fue de 120 kg ha^{-1}. En el laboratorio de calidad de trigo del INIFAP-CEVAMEX, se determinó la dureza del grano mediante el índice de perlado en una muestra de 20 g de grano. El contenido de proteína en harina se determinó con el analizador de reflectancia de infrarrojo cercano (NIR Feed & Forage 5000). El equipo fue previamente calibrado con el método Kjeldahl. Se determinaron las variables alveográficas fuerza (W), tenacidad (P), extensibilidad (L) y la relación de tenacidad-extensibilidad (PL) de la masa en 60 g de harina refinada utilizando el Alveógrafo de Chopin (Tripette & Renaud, Francia). Para estimar el factor galletero, la masa se laminó a 0.9 cm de grosor y moldeó con un diámetro de 5.5 cm y posteriormente se horneó durante 25 min a 220°C. Los resultados del factor galletero se clasificaron con base en: excelente de 5.0 - 6.0, muy bueno de 4.5 - 4.9, bueno de 4.0 - 4.4, regular de 3.5 - 3.9 y no apto menor de 3.4. Además, se identificaron mediante electroforesis en geles de poliacrilamida, las variantes alélicas de las proteínas de gluteninas de alto y bajo peso molecular de la harina asociadas a la calidad de la masa de Grata S2022 y las variedades testigo. Se realizó un análisis de varianza para las variables evaluadas para detectar diferencias estadísticas entre genotipos.

Resultados y discusión

Con base a su índice de perlado, todas las variedades se clasificaron de grano suave, por sus valores mayores a 58 % indicativo de este tipo de grano, lo cual produce durante la molienda porcentajes bajos de almidón dañado en la harina, característica que se asocia a menor absorción de agua, lo que favorece la extensibilidad de la masa y con ello el diámetro de la galleta. Todas las variedades se caracterizaron por presentar valores de masa débiles, por su W menores a 200 x 10^{-4} Joule (J), aunque Grata S2022, tal y como fue caracterizada, presentó el menor valor de fuerza de la masa con un valor W = 89. También las variedades presentaron valores PL menor a 1 por lo que se clasificaron como extensibles (Cuadro 1). Lo anterior se reflejó en que los factores galleteros se clasificaron como excelentes por sus valores mayores a 5.0. Sin embargo, Grata S2022 superó en factor galletero al resto de las variedades, Figura 1, dicha variedad presentó valores altos indicativos de grano suave asociado con los valores más bajos de fuerza

(menor a 100 x 10^{-4} J) y tenacidad de la masa (menor a 42 mm). De acuerdo con Ma *et al*. (2020) existen genotipos de trigo harinero, que han alcanzado valores de 7.8 de factor galletero, por lo que es factible de alcanzarse mediante el mejoramiento genético. Por otro lado, en el Cuadro 2, se presentan los alelos de gluteninas de alto y bajo peso molecular, donde se observó que todas las variedades presentaron el alelo 2+12 en Glu-D1 característico de las variedades galleteras. Pero Grata S2022 presentó alelo nulo o cero en Glu-A1 y en Glu-B3, el alelo i lo cual disminuyó la fuerza de la masa y es probable que se han las responsables de favorecer el factor galletero; el efecto de estos alelos sobre dichas variables de la masa concuerda con lo señalado por Guzmán *et al*. (2022). Es importante indicar que para incrementar los valores de factor galletero se deben asociar valores de proteína en harina cercanos a 8 % (Morris *et al*., 2020), por lo que en las variedades mexicanas galleteras falta la incorporación de este carácter, dado que sus valores son superiores a 10 %, Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de calidad industrial de Grata S2022 y variedades testigo bajo riego en los ciclos OI 2016-17, 2017-18, 2018-19, 2019-20, 2020-21, 2021-22 y 2022-23.

	DG	PH	W	P	L	PL	FG
Grata S2022	64.7 a	11.5 a	89.3 b	41.1 c	117.2 ba	0.3 b	5.8 a
Faisán S2016	61.2 ba	10.5 c	112.6 a	50.6 ba	108.7 b	0.5 a	5.1 b
Urbina S2007	63.3 a	11. 4 ba	132.4 a	49.6 ba	130.4 ba	0.4 ba	5.3 ba
Bárcenas S2002	64.0 a	10.9 bac	122.4 a	46.3 bc	139.0 a	0.4 ba	5.2 b
Cortazar S94	59.8 b	10.5 bc	130.0 a	54.7 a	112.4 ba	0.5 a	5.2 b
DMS	3.4	0.8	22.9	7.5	30.1	0.1	0.5

DG = dureza de grano (%); PH = proteína en harina (%); W = fuerza de la masa (10^{-4} J); P = tenacidad (mm); L = extensibilidad (mm); PL = relación tenacidad/extensibilidad (0-7); FG = factor galletero; DMS = diferencia mínima significativa.

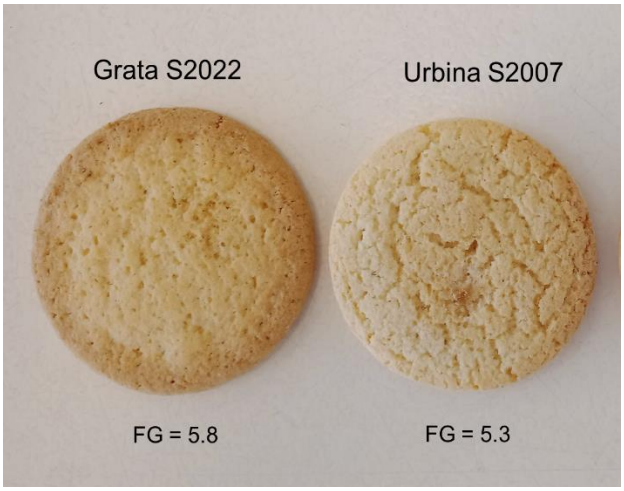


Figura 1. Representación gráfica del factor galletero de Grata S2022 y Urbina S2007.

Cuadro 2. Variantes alélicas de las proteínas de la harina asociadas a la calidad de la masa de Grata S2022 y variedades testigo.

	GAPM			GBPM		
	Glu-A1	Glu-B1	Glu-D1	Glu-A3	Glu-B3	Glu-D3
Grata S2022	0	7+9	2+12	d	i	b
Faisán S2016	2*	7+9	2+12	d	h	b
Urbina S2007	1	13+16	2+12	b	d	b
Bárcenas S2002	2*	7+9	2+12	c	h	b?
Cortazar S94	2*	7+9	2+12	d	h	b

GAPM = gluteninas de alto peso molecular; GBPM = gluteninas de bajo peso molecular.

Conclusiones

Grata S2022 presentó variables de fuerza y tenacidad de la masa que favorecen el factor el galletero por lo que su uso a nivel industrial incrementará el número de galletas por cantidad de harina utilizada. Dichas características de la masa se deben a la presencia de gluteninas de alto y bajo peso molecular especificas en el fondo genético de Grata S2022.

Agradecimientos y fuente financiadora

A Mondelēz International, Inc. por el financiamiento parcial de la presente investigación mediante el proyecto Generación de Variedades de Trigos Suaves Galleteros en México y a INIFAP por el proyecto Programa Nacional de Mejoramiento Genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable de trigo en México.

Referencias bibliográficas

CANIMOLT, Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo. 2024. https://www.iaom.org/wp-content/uploads/00canimoltla24.pdf (mayo, 2025).

Guzmán, C.; Crossa, J.; Mondal, S.; Govindan, V.; Huerta, J.; Crespo-Herrera, L.; Vargas M.; Singh, R. and Ibba, M. I. 2022. Effects of glutenins (Glu-1 and Glu-3) allelic variation on dough properties and bread-making quality of CIMMYT bread wheat breeding lines. Field Crops Research. 284: 108585.

Solís, M. E.; Mariscal, A. L. A.; Huerta, E. J.; Villaseñor, M. H. E.; Ledesma, R. L. y Pérez, H. P. 2019. Faisán S2016: nueva variedad de trigo harinero de gluten débil para El Bajío. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10(7):1699-1703.

Ma, F.: Kim, J. and Baik, B. K. 2020. Influences of high-molecular-weight glutenin subunits and rye translocations on dough-mixing properties and sugar-snap cookie-baking quality of soft winter wheat. The Journal of the Science of Food and Agriculture 100(10): 3850-3856.

Morris C. Engle, A and Kiszonas A. 2020. Breeding, Selection, and Quality Characteristics of Soft White Wheat. Cereal Foods World. 65: 5.

SELECCIÓN DE MESTIZOS (LÍNEA × PROBADOR) DE MAÍZ MEDIANTE EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Alejandro García Ramírez[1]*, Anselmo Hernández Pérez[1], José Luis Ramírez Díaz[2], Alejandro Ledesma Miramontes[2], e Ivone Alemán de la Torre[2]

[1]Campo Experimental Uruapan-INIFAP; [2]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-INIFAP.
*Autor para correspondencia: ramirez.alejandro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays* L., hibridación, rendimiento de grano, competitividad.

Introducción

En México se requiere incrementar la producción de maíz, pues la superficie sembrada se redujo en los últimos cuatro años y con ello aumentaron las importaciones de grano para satisfacer la demanda interna. La formación y uso de nuevos híbridos de maíz es una opción para incrementar la producción nacional. En los programas de hibridación en maíz, el valor genético de una línea endogámica se determina en función de sus cruzas, sin embargo, en las etapas iniciales de formación de un nuevo híbrido, se parte de un número elevado de líneas. Una forma práctica para seleccionar las de mejor aptitud combinatoria general es mediante el método de línea × probador o prueba de mestizos (Ramírez-Díaz *et al*., 2019). Se ha demostrado que cuando se evalúa un gran número de mestizos, el uso de análisis multivariados facilita la selección de los mejores mestizos asociados con características agronómicas de interés como: rendimiento de grano y precocidad (Sánchez-Ramírez *et al*., 2020). El objetivo de esta investigación fue seleccionar los mestizos con mayor potencial de rendimiento, características agronómicas y competitivos con los híbridos comerciales.

Materiales y métodos

Los mestizos fueron formados en el ciclo de otoño-invierno (OI) 2023 en La Huerta, Jalisco. Se utilizó como probador la población B-49 RC1 C0 F2. También se utilizó la línea de maíz B-41 es un progenitor de grano blanco con excelente aptitud combinatoria que forma parte de cinco híbridos comerciales, pero, en 2019, presentó daños en el follaje similares a *Cercospora maydis*, para superar lo anterior, B-41 se retrocruzó con dos donadores con follaje sano. Para el presente trabajo, en el ciclo primavera-verano (PV) 2024, en la localidad Peña de Panal, Michoacán, se sembraron, en condiciones de punta de riego, 152 mestizos, 147 fueron líneas segregantes B-41RB, en retrocruza cuatro (RC4), cuatro con la línea original B-41 y uno más con PAB-7. Además, se incluyeron 4 cruzas experimentales sobresalientes (CES), la cruza original (B-49 × B-41), la cruza intervarietal (B-49 RC1 C0 F1 × B-41BR RC1 C1 F2), la población original (B-49 RC1 C0 F1), ocho híbridos comerciales del INIFAP y dos comerciales de empresas privadas como testigos. Se evaluó la altura de planta (AP) y mazorca (AM), rendimiento de grano (RG), número de días a floración masculina (FM), femenina (FF), acame de raíz (AR) y de tallo (AT). Los genotipos se establecieron un diseño de látice simple 13×13. El tamaño de parcela constó de un surco de 4.0 m de largo separado a 0.80 m con 25 plantas, lo cual equivale a la densidad de población de 78,125 plantas ha^{-1}. Se hizo análisis estadístico de la información con el paquete de SAS. Con base en la media general del ensayo y la desviación estándar del cuadrado medio del error de cada variable, se seleccionaron todos aquellos genotipos que tuvieran una media mayor que la media general más una desviación estándar ($>\bar{x}_G+\sigma$). Además, se descartaron aquellos genotipos sobresalientes en RG que presentaron valores altos de acame de raíz y tallo. Con base en las variables RG, FM y FF. El grupo seleccionado se analizó mediante el análisis de componentes principales (ACP) para observar su respuesta en un plano bidimensional y seleccionar los más sobresalientes.

Resultados y discusión

Con base en el RG y aplicando el criterio de: $>\bar{x}_G+\sigma$, se seleccionaron 20 mestizos, siete híbridos del INIFAP y el híbrido de la empresa privada (Cuadro 1). La media de RG del grupo seleccionado fue de 9,428.5 kg ha^{-1}, lo cual es un rendimiento sobresaliente con respecto al promedio de rendimiento estatal de 4700 kg ha^{-1} (SIAP, 2023). Por su parte, para la precocidad, los genotipos se mantuvieron en un rango de 76 a 80 días a FM y de 76 a 82 días a FF, por lo que se consideran genotipos de ciclo intermedio en la región. Para AP y AM, presentaron promedios de 234.2 y 115 cm, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Mestizos (líneas×B49) y testigos sobresalientes en RG evaluados durante el ciclo PV 2024 en Peña de Panal, Michoacán.

Trat	Genealogía	Origen	RG (kg ha^{-1})	FM (días)	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)
2	(B-41 RC4 D1)-12-1	20 × B49R	9995	80	80	234	114
10	(B-41 RC4 D1)-74-1	119 × B49R	9795	79	79	241	121
5	(B-41 RC4 D1)-55-1	86 × B49R	9575	79	79	238	118
9	(B-41 RC4 D1)-71-1	110 × B49R	9515	78	78	235	114
18	(B-41 RC4 D2)-40-2	186 × B49R	9478	79	79	225	115
8	(B-41 RC4 D1)-70-2	107 × B49R	9473	79	79	227	112
1	(B-41 RC4 D1)-3-1	3 × B49R	9367	79	79	240	116
7	(B-41 RC4 D1)-60-1	93 × B49R	9201	79	79	233	116
6	(B-41 RC4 D1)-59-3	92 × B49R	9188	78	78	231	118
19	B-41 (original)	B-41OR	8994	80	80	229	110
16	(B-41 RC4 D2)-34-1	174 × B49R	8984	79	79	234	113
20	(B-41 RC4 D2)-65-1	227 × B49R	8979	80	80	227	112
13	(B-41 RC4 D2)-20-2	150 × B49R	8945	80	80	228	113
11	(B-41 RC4 D1)-82-1	128 × B49R	8935	80	80	234	118
4	(B-41 RC4 D1)-39-1	69 × B49R	8917	80	80	231	118
15	(B-41 RC4 D2)-32-1	173 × B49R	8917	79	79	234	114
14	(B-41 RC4 D2)-31-1	171 × B49R	8892	79	79	223	111
17	(B-41 RC4 D2)-37-2	177 × B49R	8879	79	79	231	113
3	(B-41 RC4 D1)-13-1	24 × B49R	8878	79	79	223	109
12	(B-41 RC4 D2)-1-1	129 × B49R	8869	79	79	220	107
25	H-391	INIFAP	11513	79	79	241	124
23	H-318	INIFAP	10804	76	76	251	119
21	CES 1	INIFAP	10256	78	78	214	101
26	H-392	INIFAP	9553	78	78	242	113
27	CES 3	INIFAP	9497	82	82	254	123
22	REMACO 48	INIFAP	9384	78	78	261	128
24	H-377	INIFAP	9335	77	77	235	114
28	Testigo comercial blanco	DK-2061	9881	76	76	242	123
	Media general		9429	79	79	234	115

Trat: Tratamiento; RG: Rendimiento de grano; FM: Floración masculina; FF: Floración femenina; AP: Altura de planta; AM: Altura de Mazorca.

En el ACP, las componentes principales 1 y 2 (CP1 y CP2) representan el 83.9 % de la variabilidad existente de las variables evaluadas. Este análisis permitió seleccionar los mestizos 3×B49R, 20×B49R, 86×B49R, 92×B49R, 93×B49R, 110×B49R y 119×B49R, los cuales se agrupan con los testigos H-318, H-377, H-391, H-392, REMACO 48 y CSE 3 del INIFAP, y DK-2061, en conjunto componen el Grupo I, ubicado entre el cuadrante I, II y IV donde se observa que presentan mayor RG promedio de Grupo (9,757 kg ha^{-1}) y a su vez, mayor precocidad al considerar sus distancias respecto a las variables FM y FF, con promedio del Grupo I de 78.4 días. También se observa que en este grupo tiene mayor promedio de AP (241.3 cm) y AM (118.6 cm) como se observa en la Figura 1.

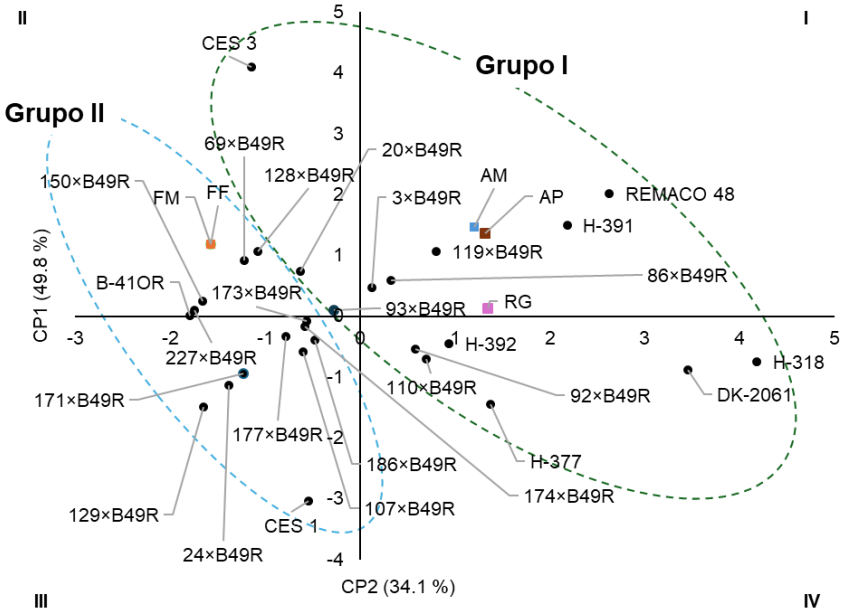


Figura 1. Análisis de componentes principales para discriminación de mestizos, líneas B-41RB x B-49 RC1 C0 F1 (B-49R), evaluados en Peña de Panal, Mich. 2024.

En el Grupo II se agrupan los mestizos 24×B49R, 69×B49 R, 107×B49 R, 128×B49R, 129×B49R, 150×B49R, 171×B49R, 173×B49R, 174×B49R, 177×B49R, 186×B49R, 227×B49R, así mismo, la CSE 1 y el mestizo con la línea original B-41(OR), los cuales son más tardíos, FM y FF promedio de 79.3 días y con menor AP (227.1 cm) y AM (111.9). Al considerar las distancias con RG, este segundo grupo tiene menor promedio de RG (9,099.7 kg ha^{-1}) que el Grupo I, pero es mayor que el promedio estatal de 4700 kg ha^{-1} del estado de Mich. (SIAP, 2023). Con base en el RG, FM, FF, AP y AM, con el ACP se seleccionaron los mestizos 3×B49R, 20×B49R, 86×B49R, 92×B49R, 93×B49R, 110×B49R y 119×B49R, cuyo comportamiento fue sobresaliente en comparación con los testigos de INIFAP y de la iniciativa privada.

Conclusiones

El análisis de componentes principales permitió discriminar 65 % del grupo de mestizos seleccionados por el criterio, >$\bar{x}_G+\sigma$. El grupo de mestizos seleccionado tuvo alto rendimiento de grano, mayor precocidad, altura de planta y se agrupó con los mejores testigos. Hay líneas recobradas de B-41BR que son competitivas para formar híbridos comerciales.

Agradecimiento

Se agradece al INIFAP por el financiamiento del Proyecto: 1565935830 “Formación de híbridos de maíz de grano blanco, amarillo y pigmentados para el subtrópico de México, con alto potencial de rendimiento de grano y/o forraje, tolerantes a pudriciones de raíz, tallo y mazorca, y con calidad industrial del grano”.

Referencias bibliográficas

Ramírez-Díaz, J. L., Vidal-Martínez, V. A., Alemán-de-la-Torre, I., Ledesma-Miramontes, A., Gómez-Montiel, N. O., Salinas-Moreno, Y., Bautista-Ramírez, E., Tapia-Vargas, L. M., & Ruiz-Corral, A. (2019). Selección de líneas y cruzas de maíz combinando las pruebas de mestizos y cruzas dialélicas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *42*(4), 335–346. https://doi.org/10.35196/rfm.2019.4.335

Sánchez-Ramírez, F. J., Mendoza-Castillo, M. C., & Mendoza-Mendoza, C. G. (2020). Evaluación de mestizos y uso de técnicas multivariadas para identificar líneas sobresalientes de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(2), 433–443. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1778

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

VALIDACIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE SOYA TROPICALES

Nicolás Maldonado-Moreno[1]*, Juan Samuel G. J. Alcalá-Rico[1]

[1]Campo Experimental Las Huastecas, INIFAP.
*Autor para correspondencia: maldonado.nicolas@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Glycine max*, mejoramiento genético, trópico.

Introducción

El cultivo de soya (*Glycine max* L. Merr.) es de gran importancia en la agricultura a nivel mundial, ya que su semilla contiene alrededor de 20 % de aceite y 40 % de proteína, componentes ampliamente utilizados en la industria alimentaria y en la formulación de alimentos para la ganadería, además de diversos usos industriales y en la producción de biocombustibles. Debido a las cualidades de la semilla de esta oleaginosa, cada vez adquiere mayor relevancia agrícola y económica en muchos países del mundo. En los últimos ciclos agrícolas 2024-2025 la producción global de soya fue de 396 millones de toneladas métricas, siendo los principales países productores Brasil, Estados Unidos, Argentina, China e India entre otros (FAS-USDA, 2025). En México, la situación del cultivo de soya es de baja producción y alta demanda; en los últimos años la producción nacional ha sido de 246,000 t (SIAP, 2025), la cual es insuficiente, lo que se debe a factores climáticos, biológicos, tecnológicos y socioeconómicos; en los años recientes la mayor producción se obtiene principalmente en los estados del trópico mexicano. Mientras que la producción nacional ha decrecido, la demanda interna se ha incrementado considerablemente, superando en el presente año los 6.4 millones de toneladas métricas, por lo que se realizan grandes importaciones de esta oleaginosa para abastecer las necesidades de los consumidores nacionales.

Ante la demanda nacional de soya, el Programa de Investigación en Oleaginosas del INIFAP genera tecnología e innovaciones que contribuyan al mejoramiento de la producción y competitividad de esta oleaginosa en las regiones con potencial productivo del país; dando prioridad al desarrollo de nuevas variedades con mayor productividad y mejores atributos y la actualización del manejo agronómico con enfoque de sostenibilidad, tomando en cuenta los factores relacionados con el cambio climático como las sequías, temperaturas extremas, enfermedades y plagas emergentes, entre otras limitantes que son cada vez más complejas e impactan en forma desfavorable la productividad del cultivo (INIFAP, 2022). En el área de mejoramiento genético de la soya, se investiga para la generación de nuevas variedades adaptadas a las condiciones del trópico mexicano, con atributos y características de alta productividad, baja sensibilidad al fotoperiodo corto, resistencia a enfermedades foliares, tolerancia a la sequía y semilla de buena calidad, entre otros aspectos. El objetivo del presente trabajo fue validar el comportamiento productivo y la estabilidad de líneas avanzadas de soya tropicales.

Materiales y métodos

En el INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas, en los ciclos primavera-verano (P-V) 2022, 2023 y 2024, se establecieron en serie sencilla 12 parcelas con las líneas avanzadas de soya tropical y las variedades testigo (Cuadro 1). Las parcelas fueron de cuatro surcos de 20 m de largo, donde se aplicó el paquete tecnológico para la producción de este cultivo en el trópico mexicano, en los primeros dos años la validación fue en condiciones de riego y el tercer año en condiciones de temporal. Se registraron el rendimiento, características agronómicas principales y se realizaron prácticas para purificar los genotipos. Para conocer las diferencias entre los rendimientos de las líneas y variedades de soya y su estabilidad se aplicó el análisis de Componentes Principales (CP) expresado a través del gráfico GGE biplot.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos obtenidos en las líneas de soya validadas y las variedades testigos en los tres años de validación interna. En el 2022 los rendimientos de las líneas variaron de 2,638 a 3,913 kg ha^{-1}, en el año 2023 los rendimientos fueron de 1,694 a 2,200 kg ha^{-1}, en tanto que en el año 2024 la producción de las líneas varió de 1,612 a 2,895 kg ha^{-1}. Con los rendimientos de las líneas avanzadas de soya en proceso de validación y de las variedades testigo, se procedió a realizar el análisis de componentes principales (CP) donde se observa que los dos primeros CP lograron explicar el 76.6 % de la variabilidad. Siendo el CP1 que explicó la mayor variación con 57.19 %, seguido del CP2 con 25.43 %. Con respecto a la estabilidad de las líneas de soya sobresalieron la L4, L9, T2, L2 y L5. Sin embargo,

Cuadro 1. Rendimiento de las líneas de soya validadas y variedades testigo. INIFAP-C.E. Las Huastecas. Ciclos P-V 2022, 2023 y 2024.

No. Trat.	Genotipo	Año 2022	2023	2024	No. Trat.	Genotipo	Año 2022	2023	2024
		--------- kg ha^{-1} ---------					--------- kg ha^{-1} ---------		
L1	H14-1533	2,638	1,863	2,846	L7	H15-0154	3,525	1,694	2,751
L2	H14-0834	3,303	1,983	1,908	L8	H17-0044	2,709	2,091	1,513
L3	H17-1356	2,805	2,200	1,612	L9	H17-0168	3,913	1,923	1,974
L4	H17-0383	3,683	2,103	2,895	L10	H17-0349	3,527	1,727	2,548
L5	H10-0076	2,685	1,971	1,809	T1	Huasteca 400	3,099	1,770	1,945
L6	H10-2994	3,258	2,200	2,138	T2	Huasteca 700	3,368	1,975	2,199

Las líneas L1, L7, L10, L8, L3 y L6 se consideraron altamente inestables para la variable rendimiento en los tres años de validación (Figura 1). En lo que se refiere al genotipo ideal, destacó la línea L4 al obtener los mejores rendimientos en la mayoría de los ambientes, así mismo, sobresalió la línea L9 y el testigo T2. En contraste, las líneas L5 y L8 fueron las menos ideales. Por otra parte, la línea L2 presentó rendimiento similar al promedio general (Figura 2).

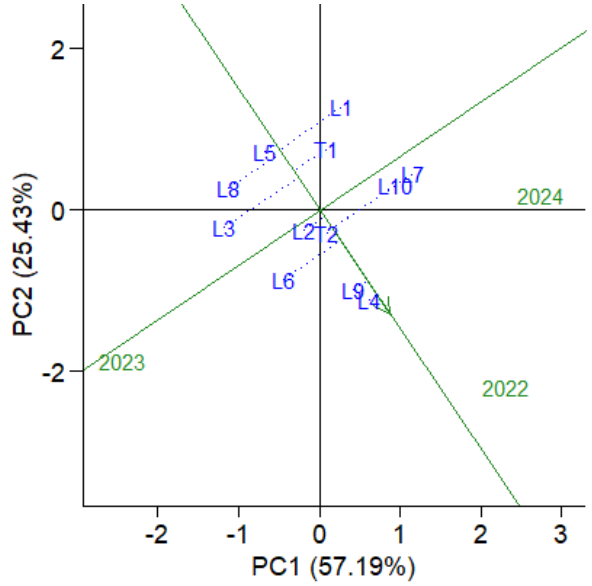


Figura 1. Estabilidad de líneas de soya a través de los años.

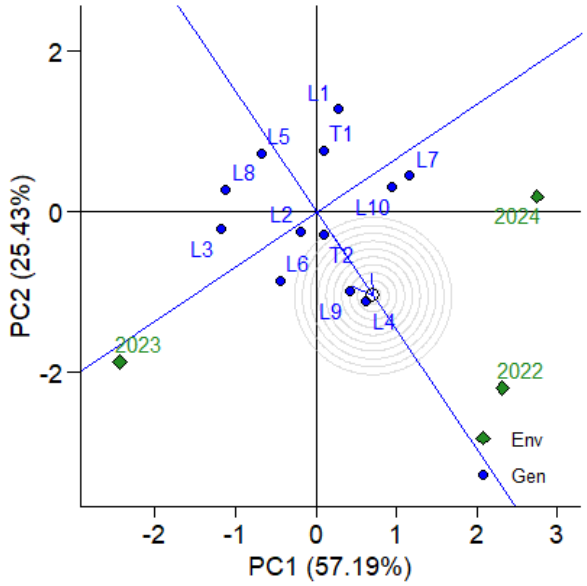


Figura 2. Biplot GGE de la línea ideal de soya.

A través de los años de evaluación se pudieron formar tres ambientes. En el año 2022 la línea L4 presentó los rendimientos más altos. En lo que respecta al año 2023, destacó la línea L3, la cual obtuvo el mayor rendimiento. Así mismo, en el año 2024 el mejor comportamiento lo tuvo la línea L7 (Figura 3). En relación a lo anterior, el gráfico biplot 'qué-ganó-dónde' permite la agrupación de los ambientes y los mejores genotipos de acuerdo con la interacción genotipo por ambiente (Silva *et al.*, 2022).

Cabe destacar que el grupo de líneas de soya tienen características agronómicas deseables para el trópico, en la validación se registró lo siguiente: De 54 a 57 días a R2 (inicio de floración), de 115 a 131 días a R8 (madurez fisiológica), altura de planta de 70 a 97 cm y peso de 100 semillas de 13 a 15 g, estas características se esperan contribuyan a la producción y adaptabilidad de las líneas en el trópico mexicano.

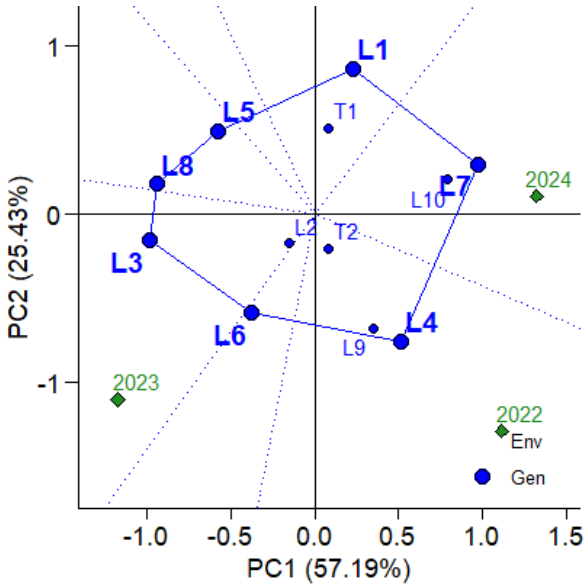


Figura 3. Biplot 'qué-ganó-dónde' de 10 líneas de soya a través de tres años de validación.

Conclusiones

La mayoría de las líneas y variedades testigo de soya mostraron interacción con el ambiente (años).

Se identificaron líneas de soya con rendimiento y estabilidad aceptable en comparación con las variedades testigo en los ambientes de validación.

Es factible seleccionar líneas con adaptación específica y general para los diferentes ambientes que se presentan en el trópico.

Se continuará validando y multiplicando la semilla de las mejores líneas de soya tropicales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a los investigadores del INIFAP corresponsables de los proyectos de mejoramiento genético de soya tropical y al personal de campo por su colaboración, asimismo a los directivos del Instituto que aprobaron el financiamiento de los proyectos para el logro de los resultados que se presentan.

Referencias bibliográficas

FAS-USDA. (2025). Oilseeds: World Markets and Trade. www.fas.usda.gov. Consultada en marzo de 2025.

INIFAP. (2022). Oleaginosas (soya, cártamo, ajonjolí, girasol y canola). Agenda Nacional de Investigación 2022-2024. Pág. 55 - 56.

SIAP. (2025). Producción agropecuaria y pesquera. https://www.gob.mx/siap. Consultada en junio de 2025.

Silva, W. J. D. S., Alcântara Neto, F. D., Al-Qahtani, W. H., Okla, M. K., Al-Hashimi, A., Vieira, P. F. D. M. J., & AbdElgawad, H. (2022). Yield of soybean genotypes identified through GGE biplot and path analysis. *Plos one*, *17*(10), e0274726

VARIEDADES NATIVAS DE *Phaseolus coccineus* L. ORIGINADAS DE REBROTES DE RAÍZ Y CON FLORACIÓN TEMPRANA

Ma. Luisa Patricia Vargas-Vázquez [1]*, Jorge Acosta-Gallegos[2], Fabián Islas-Gutiérrez[1]

[1]CEVAMEX CIRCE, INIFAP; [2]CEBAJ CIRCE, INIFAP.
*Autor para correspondencia: vargas.luisa@inifap.gob.mx

Palabras clave: Floración, rebrote de raíz, *Phaseolus coccineus* L.

Introducción

El cambio climático ha alterado la precipitación y temperatura y global, aumentado fenómenos meteorológicos extremos que, junto con el aumento de la población, amenaza la seguridad alimentaria mundial (Nelson *et al*., 2009). En México, el frijol común es parte fundamental de la canasta básica. En Mesoamérica se domesticaron otras cuatro especies de *Phaseolus*, cada una, adaptada a diferentes condiciones geográficas y ecológicas, entre éstas, *P. coccineus*. En zonas templadas de México y Centroamérica, el cultivo de *P. coccineus* forma parte de la agricultura familiar rústica e indígena (Schwember *et al*., 2017) y en algunos países europeos se cultiva por sus vainas verdes o grano seco (Spataro *et al*., 2011). En México, Hernández X *et al* (1979) ya indicaban que *P. coccineus* se cultiva como planta anual o perenne de acuerdo al clima de la zona.

En la actualidad, sabemos que la primavera siguiente después de cosechar en otoño, la raíz de la planta ha formado rebrotes visibles, que le dan perennidad a la planta, ventaja adaptativa para sobrevivir en diferentes ambientes, y la convierte en una alternativa adicional para contribuir a la seguridad alimentaria de México.

Estudios anteriores indicaron que, al sembrar en abril, las plantas originadas de semilla florecen durante el mes de junio con duración del día entre 13:15 y 13:18 h luz, y las plantas de rebrote florecieron la siguiente primavera desde el 12 de marzo hasta el 28 de abril, con días cortos de menos horas luz (de 11:58 a 12:49 (Vargas-Vázquez *et al* 2025). Así, se trata de saber si en las plantas originadas de rebrote, existen diferencias en la respuesta floración-fotoperiodo, y si los sitios de procedencia, al localizarse en diferentes latitudes, influyen en el tiempo a floración de las plantas originadas de rebrote, como ocurre en las plantas originadas de semilla.

Materiales y métodos

En 2013, se sembraron 70 variedades nativas de *P. coccineus* del ex Banco de Germoplasma de Frijol del INIFAP en el CEVAMEX (19°26’44’’LN, 98°54°54’02’’). Los materiales se colectaron el siglo pasado en el Eje Neovolcánico Transversal 63%, Sierra Madre Oriental 17%, Sierra Madre del Sur 15% y Mesa Central 5%. La siembra se realizó el 10 de marzo y la cosecha de septiembre a octubre. Se dejó la raíz dentro del suelo, el 10 de marzo de 2014 se identificaron las plantas con rebrote con y sin flores.

En campo se identificaron los materiales con rebrotes de raíz con follaje verde, así como los rebrotes de raíz con follaje verde y presencia de flores abiertas. Se corrieron análisis de varianza por tipo de rebrote (con y sin flor). Variables: Fotoperiodo (horas y minutos, y valor decimal), Temperatura máxima y mínima del día en que las plantas de rebrote desarrollaron flores abiertas. Variables registradas de sitios de procedencia. A partir de las coordenadas geográficas del sitio de colecta, se obtuvo el tipo de clima y la ecorregión utilizando los mapas digitales generados por la Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad disponibles en la red.

Resultados y discusión

Fotoperiodo y Temperatura. En mar/10/2014, después de cosechar en 2013, de los 70 materiales, 40 ya tenían rebrotes de raíz con follaje: 19 con y 21 aún sin flores. La comparación de medias (Tukey 0.05) no indicó diferencia en fotoperiodo y temperaturas entre los materiales que en mar/10/2014 ya habían florecido y aquellos que florecieron después (Cuadro 1).

Sitios de Colecta y Ecorregiones. Los sitios de colecta de las variedades incluidas en este estudio se localizan en el centro-sur del territorio mexicano: Eje Neovolcánico Transversal 63%, Sierra Madre Oriental 17%, Sierra Madre del Sur 15%, y Mesa Central 5%. Sitios donde se infiere se domesticaron porque México y Centroamérica son áreas de domesticación de la especie, o bien han evolucionado en esos sitios después

de su Introducción. Los sitios varían, especialmente en Latitud Norte, y temperatura máxima media anual (Cuadro 2).

Cuadro 1. Fotoperiodo y temperatura máxima y mínima media del día 10/mar/2014 cuando las plantas de *P. coccineus* originadas de rebrotes de raíz ya habían iniciado floración.

Tipo de planta	Fotoperiodo h: min	Fotoperiodo decimal	Temperatura máxima °C	Temperatura minima °C
Rebrote con flor	12:12'54''	12.21 **a**	26.00 **a**	7.37 **a**
Rebrote sin flor	12:15'14''	12.25 **a**	25.99 **a**	7.35 **a**

Cuadro 2. Rangos de coordenadas geográficas, temperatura máxima y mínima media anual de sitios de procedencia de *P. coccineus*. Plantas originadas de rebrotes con y sin flor el 10 de marzo de 2014.

Tipo de planta	Rango de LN y LO de sitios de colecta	Rango de Temperatura máxima media anual °C	Rango de Temperatura mínima media annual °C
Rebrote con flor El 10/mar/14	16:49 a 20:09 LN 96:40 a 100:31 LO	De 19.66 a 29.35°C	De 5.23 a 14.97°C
Rebrote sin flor El 10/mar/14	19:52 a 21:27 LN 97:22 a 100:52 LO	De 21.11 a 29.35°C	De 5.60 a 12.21°C

Los materiales que en mar/10/14 tenían rebrotes con flores, provienen de sitios de amplia distribución geográfica (rangos amplios de LN, temperatura máxima y mínima media anual) localizados especialmente en Sierras templadas y Selvas cálido secas (Cuadro 2 y Figuras 1 y 2).
Los materiales que en mar/10/14 tenían rebrotes sin flores, provienen de sitios con menor distribución geográfica y mayor latitud (menores rangos de LN, y temperatura máxima y mínima media anual) ubicados en Sierras templadas, Selvas cálido secas, Selvas cálido húmedas, y Elevaciones semiáridas.

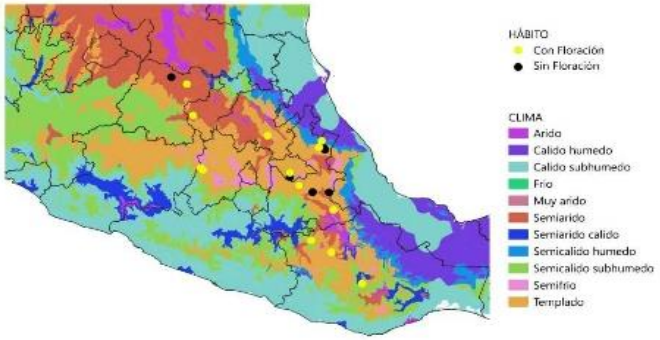


Figura 1. Clima donde se colectaron variedades nativas de P. coccineus cuya raíz forma rebrotes con capacidad de florecer en diferente tiempo.

Clima y ecorregiones de sitios de procedencia. De los 40 sitios de procedencia, 31 tienen clima templado, 7 semicálido, y 2 semiárido. Los materiales cuyos rebrotes ya tenían rebrotes de raíz con follaje color verde y flores color escarlata fueron colectados preferentemente en sitios con clima semicálido.

Conclusiones

Las plantas de variedades nativas de *P. coccineus* que desarrollan rebrotes en su raíz muestran capacidad de iniciar la etapa reproductiva al producir flores en diferentes tiempos, es decir, muestran diferencias en su nivel de sensibilidad al fotoperiodo (en el fotoperiodo y temperatura requerido para florecer). Aquellas con rebrotes de raíz que ya habían desarrollado follaje con flores el 10/marzo/2014 pueden ser de mayor sensibilidad al fotoperiodo. Por otra parte, no fue clara la tendencia sobre la influencia de los sitios de procedencia sobre la capacidad de floración en la primera quincena de marzo, ya que algunos sitios de colectas con y sin flores, de acuerdo con los mapas, se localizan en latitudes y altitudes similares, lo que sugiere pequeñas diferencias genéticas en la reacción al fotoperiodo.

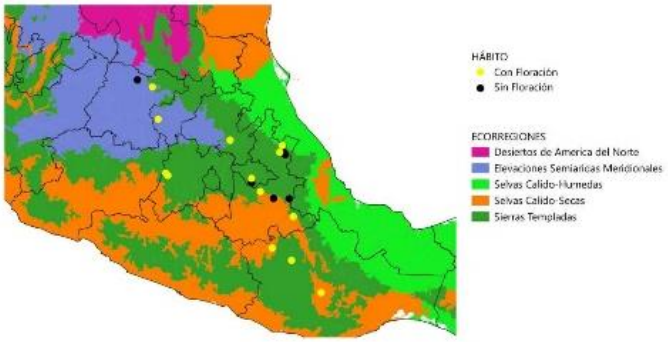


Figura 2. Ecorregiones donde se colectaron variedades nativas de P. coccineus cuya raíz forma rebrotes con capacidad de florecer en diferente tiempo.

Agradecimientos
Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Fuente financiadora
El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Referencias bibliográficas

Hernández X, E, Ramos A, y Martínez A. 1979. Etnobotánica. *In*: E. Mark Engleman (ed.). Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, pp: 321-323.

Nelson G.C., *et al*. 2009. Cambio climático: el impacto en la agricultura y los costos de adaptación. International Food Policy Research Institute. fao.org/fileadmiun/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20

Schwember AR, Carrasco B, and Gepts P. 2017. Unraveling agronomic and genetic aspects of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) *Field Crop Res*. 206(1).86-94. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.02.020

Spataro G., *et al*. (2011) Genetic Diversity and Structure of a Worlwide Collection of Phaseolus coccineus L. *Theoretical and Applied Genetics*, 122, 1281-1291. https:/doi.org/10.1007/s00122-011-1530-y

Vargas-Vázquez MLP and Islas-Gutiérrez F. 2025. Flowering time of *Phaseolus coccineus* overwinter root resprouts plants in Mexico. Bean Improvement Cooperative Annual Report. Estará disponible en la red en 2025.

ACCESIONES DE *Phaseolus vulgaris* L. CON FUNCIONALIDAD BIOQUÍMICA DE INTERÉS NUTRACÉUTICO

Carlos Iván Cruz Cárdenas[1]*, Luis Felipe Guzmán Rodriguez[1], Francisco Fabián Calvillo Aguilar[1], Gabriela Sandoval Cancino[1], Lily Xochilt Zelaya Molina[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP.
*Autor para correspondencia: cruz.ivan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Huella bioquímica, nutracéutico, mejoramiento genético.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, por la superficie sembrada y la producción obtenida; se siembra en todas las regiones agrícolas del país y es componente fundamental de la dieta del mexicano. De acuerdo con datos de la FAO, la superficie mundial sembrada con frijol se estima en 36 millones de hectáreas, produjeron 32.1 millones de toneladas al año en promedio del periodo 2012-2018. El frijol representa un cultivo clave en la dieta nacional; el consumo anual per cápita es de 9.9 kg y la producción nacional cubre casi la totalidad de los requerimientos del consumo de los mexicanos. El frijol común es una de las leguminosas más importantes para el consumo humano directo, es considerado como una fuente económica y esencial de proteínas, minerales como hierro y zinc, y carbohidratos como fibra dietaría y oligosacáridos. Adicionalmente, su consumo humano es importantes para mantener la seguridad alimentaria, el conocimiento de sus propiedades tanto bioquímicas bioactivas como nutricionales permitiría sustentar a la comunidad y/o región donde son consumidas. ‘‘Ya que en la actualidad se ha reconocido que los alimentos y las dietas diversas no solo proporcionan nutrientes sino además mejoran la salud física y mental y ayudan a prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición o padecimientos crónicos’’ (D. Granato *et al*., 2010). El frijol es el segundo cultivo más importante en México, por lo tanto, generar información sobre las características bioquímicas y nutricionales de las accesiones promisorias e importantes, ayudará a desarrollar nuevas estrategias para poder aprovechar su uso de una manera más sostenible y la inclusión de estas accesiones en programas de mejoramiento dirigidos a la biofortificación para la obtención de variedades con mejores características nutricionales para la población de nuestro país.

Objetivos

Realizar una caracterización bioquímica de 25 accesiones de *phaseolus Vulgaris* L. (Frijol común) con un interés nutricional que pueden ser incluidos en programas de mejoramiento genético con miras a la biofortificación.

Materiales y métodos

Recolecta: Se colectaron semillas de 25 accesiones de frijol común con los siguientes códigos de registro: 11219000183 (1), 11219000184 (2), 11219000185 (3), 11219000186 (4), 11219000187 (5), 11219000188 (6), 11219000189 (7), 11219000190 (8), 11219000191 (9), 11219000192 (10), 11219000193 (11) ,11219000194 (12), 11219000195 (13), 11219000196 (14), 11219000197 (15), 11219000198 (16), 11219000199 (17), 11219000200 (18), 11219000201 (19), 11219000202 (20), 11219000203 (21), 11219000204 (22), 11219000205 (23), 11219000206 (24), 11219000207 (25), las cuales se encuentran bajo resguardo en el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), ubicado en la localidad de Tepatitlán de Morelos, Jalisco.
Muestra: Se tomaron 100 gramos de semillas. Estas semillas se congelaron a -80 °C durante 48 horas y después fueron liofilizadas y molidas. Una vez obtenida la semilla molida y libre de humedad, se colocaron 250 mg de cada muestra por triplicado en tubos Eppendorf con una capacidad de 2 mL, a los cuales se prosiguió a adicionar 1.5 mL. de solvente (Agua Tipo I, Metanol 50%, Etanol 100%), estos fueron homogeneizados e incubados a una temperatura de 60°C con agitación constante durante 15 minutos en oscuridad. Transcurrido el tiempo, se dejaron enfriar los tubos y se centrifugaron 15 minutos a 3000 rpm. Se tomó el sobrenadante y se conservó para los análisis posteriores. *Análisis de compuestos fenólicos totales:* Se determinó en equivalentes de ácido gálico (GAE) a partir de una curva de concentraciones, con una solución estándar de 0.1 mg/ml, acorde al reactivo de Folin- Ciocalteau (Singleton, 1999). Se añadieron 125 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) 1N a 250 µL de la muestra o estándares, seguido de una incubación por 5 min. Después se adicionaron 625 µL de Na2CO3 al 20%. La mezcla obtenida se

incubó por 2 h en oscuridad, una vez finalizado el periodo de reacción se registró la absorbancia a 750 nm en el espectrofotómetro (Multiscan Go, Thermo scientific ®). Los valores fueron expresados en mg equivalentes de ácido gálico (GAE) por gramo de peso seco (PS). *Determinación de flavonoides totales:* Acorde con Chang *et al*. (2002) el contenido de flavonoides totales se evaluó con la mezcla de 1 ml de extracto, 1.5 ml de etanol (95 %), 0.1 ml de cloruro de aluminio al 10%, 0.1 ml de acetato de potasio 1M y 2.8 ml de agua destilada estéril. Esto seguido de un periodo de incubación a 25 ±2 °C por 40 min. La absorbancia obtenida en cada reacción se registró a 415 nm. La curva de calibración se obtuvo con quercetina como estándar (0 a 100 ug/ml). Los valores obtenidos se expresaron en mg equivalentes de quercetina (QE)/g PS). *Evaluación de capacidad antioxidante (FRAP):* Se determinó acorde con el método de Benzie y Strain (1999). En 10 µL de muestra se mezclaron con 90 µL de agua destilada y 900 µL del reactivo FRAP (2.5 mL de la solución 2,4,6- tripiridil-s-triazina a una concentración de 10 µM en HCl 40 mM; 2.5 mL de FeCl3 20 µM y 25 mL de buffer acetato 0.3 µM a un pH de 3.6). La absorbancia se tomó a 593 nm después de 7 min. Se utilizó una curva de calibración de Trolox y se expresarán en µmol de equivalentes de TROLOX/g. *Contenido de proto antocianidinas totales (PAC):* Se determinó siguiendo el método colorimétrico de 4-dimetilaminocinanehído (DMAC) propuesto por Prior *et al*. (2010). La cuantificación se realizó con una curva de calibración generada a partir de diluciones con procianidina B2 (15,6-1000 µg/ml) disuelto en 80% de EtOH. La absorbancia se tomó con el espectrofotómetro (Multiscan Go, Thermo scientific ®) calibrado a 650 nm. Los resultados se expresaron en miligramos de PAC por gramo de semilla (mg/g).
Análisis estadísticos: Con los datos obtenidos se realizó un ANOVA y una prueba de comparación de medias *Tukey* con un *alpha* de 0.05 en el programa estadístico SAS 9.4 ®.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis bioquímico de las muestras indican una gran diversidad en cuanto a la concentración bioquímica dentro de cada una de ellas, siendo las accesiones 8, 13, 18, 20 y 23 las que presentaron mayor cantidad de fenoles totales, las accesiones 2 y 11 de flavonoides, la accesión 8 de FRAP, las accesiones 4, 13 y 20 para mayor concentración de Proto antocianidinas. Al final del análisis podemos ver que las accesiones más importantes serían la 8, 13 y 20 debido a que fueron las que presentaron la mayor concentración en más de un compuesto bioquímico.
El análisis bioquímico de las diferentes accesiones muestra rangos de valores bastante amplios y se asemejan a los reportados por Chang y colaboradores en el 2022.

Conclusiones

Se caracterizó el perfil bioquímico de 25 accesiones de *Phaseolus Vulgaris* L. de las cuales las muestras 8, 13 y 20 contienen mayores concentraciones de compuestos de interés, y estas pueden ser empleadas para realizar mejoramiento genético de la especie con un interés nutricional.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados preliminares son parte del proyecto fiscal “Regeneración, caracterización y conservación a largo plazo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el INIFAP”.

Referencias bibliográficas

Velia, A., Garay, A., Alberto, J., Gallegos, A., & Muro, L. R. (2021). *EL CULTIVO DEL PRESENTE Y FUTURO PARA*.

Prior, R. L., Fan, E., Ji, H., Howell, A., Nio, C., Paynef, M. J., & Reed, J. (2010). Multi-laboratory validation of a standard method for quantifying proanthocyanidins in cranberry powders. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(9), 1473–1478. https://doi.org/10.1002/jsfa.3966

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, *299*, 152–178. https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Benzie, I. F. F., & Szeto, Y. T. (1999). Total antioxidant capacity of teas by the ferric reducing/antioxidant power assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *47*(2), 633–636. https://doi.org/10.1021/jf9807768

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, *10*(3), 178–182. https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748

Cuadro 1. Concentración de compuestos bioquímicos presentes en 25 accesiones de frijol común conservados en el CNRG.

Muestra	Fenoles (mg GAE/g de muestra)	Flavonoides (mg QE/g de muestra)	FRAP (mmol de equivalentes de TROLOX/g de muestra)	Proto actocianidinas (mg PAC/g de muestra)
1	2.5001 b	0.8581 b	0.0058 c	1.1264 b
2	2.6078 ab	1.8824 a	0.0040 d	0.9963 c
3	2.5167 b	0.7489 b	0.0063 b	1.3262 b
4	2.5740 b	0.9916 b	0.0066 b	3.7462 a
5	2.4660 b	0.7301 b	0.0051 c	0.8242 c
6	2.4624 b	0.4538 c	0.0042 d	2.2455 ab
7	2.5705 b	0.8799 b	0.0065 b	0.8127 c
8	2.7880 a	1.0332 b	0.0074 a	1.0108 b
9	2.5749 b	1.1253 b	0.0055 c	0.8113 c
10	1.0568 c	0.3289 c	0.0013 e	0.0058 d
11	2.4127 b	1.2310 a	0.0041 d	1.5516 b
12	2.4307 b	0.8284 b	0.0053 c	0.8135 c
13	2.7930 a	1.1863 b	0.0052 c	3.9447 a
14	2.6226 ab	0.1965 d	0.0044 d	2.4286 ab
15	2.3948 b	0.6830 c	0.0035 d	1.8475 b
16	2.5625 b	1.1097 b	0.0061 b	1.3976 b
17	2.0966 b	1.0068 b	0.0033 d	0.9341 c
18	2.7066 a	0.6554 c	0.0068 b	1.0623 b
19	2.3152 b	1.1799 b	0.0037 d	1.7270 b
20	2.7967 a	0.3260 c	0.0055 c	3.4896 a
21	1.2113 c	0.9642 b	0.0019 e	0.0026 d
22	2.6678 ab	0.9397 b	0.0064 b	0.8503 c
23	2.8166 a	0.9274 b	0.0064 b	1.0868 b
24	2.6046	0.5637 c	0.0054 c	0.8273 c
25	1.5260	0.7997 b	0.0058 c	0.9445 c

COMPUESTOS CAROTENOIDES, FENÓLICOS Y CAPSAICINOIDES DE DIFERENTES ECOTIPOS DE CHILE NATIVOS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

, Piña- Betancourt, E.[1], [1]Caamal-Espinosa, T. D.[1], Castillo-Aguilar, C. C.[2*]; Sauri-Duch E., Chan Catzin, L. J.[1], Jacobo-Solís, J. A.[1], Juárez-Camargo, E.[1], Moo-Huchín, V. M.[1]; Ramírez-de la Cruz, I. E.[1], Palma-Cancino, D., Chiquini – Medina R. A.[3]

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto. Tecnológico de Mérida; [2]Colegio de Postgraduados Campus Campeche. [3]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná.
*Autor para correspondencia: ccca@colpos.mx

Palabras clave: Ecotipos, compuestos bioactivos, fenólicos, capsaicinoides carotenoides.

Introducción

En años recientes los compuestos con actividad biológica están teniendo gran relevancia tanto en la alimentación como en la industria. Entre este tipo de compuestos se encuentran diversos carotenoides, fenólicos, ácido ascórbico (vitamina C) y capsaicinoides, algunos de los cuales presentan actividad antioxidante, la cual contribuye a la salud humana. Los chiles ocupan un lugar destacado en la dieta mexicana, debido a su sabor y picor y han sido ampliamente reconocidos a lo largo del tiempo por sus propiedades benéficas para la salud.

En la península de Yucatán (PY) hay amplia diversidad de chiles, de algunos de los cuales se conoce poca información sobre su contenido de compuestos bioactivos. Resulta importante investigar la composición bioactiva de los chiles y su relación con la diversidad genética de la península de Yucatán. El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de compuestos carotenoides, fenólicos, capsaicinoides y vitamina C de 15 ecotipos de chiles de la península de Yucatán.

Materiales y métodos

Se colectaron frutos de diferentes ecotipos de chile en varias comunidades rurales de los estados de Campeche y Yucatán, de los cuales se tomó una muestra para ser determinado el contenido de capsicinoides, carotenoides, flavonoides y el contenido de vitamina C (Figura 1).



Figura 1. Chiles colectados en la península de Yucatán.

El proceso de determinación de la composición bioactiva llevó varias etapas que en forma resumida a continuación se presentan:

El fruto entero se secó mediante liofilización se molió y analizó individualmente. La trituración se realizó con un equipo Nutribullet modelo 100391. Las partículas resultantes de la molienda se tamizaron a un tamaño de partícula inferior a 200 µm.

Contenido de capsaicinoides totales. La cuantificación de capsaicina se realizó mediante espectrofotometría Uv-Vis con lectura directa. La cuantificación se realizó mediante una curva de calibración construida con capsaicina estándar (Sigma Aldrich) en un rango de 1 a 19 mg L^{-1}. Los resultados se expresaron como miligramos de capsaicina por 100 gramos de muestra seca (mg 100 g^{-1} HST).

El contenido de Compuestos Fenólicos Solubles Totales (Método de Folin-Ciocalteu) (F-C). Para cuantificar los compuestos fenólicos solubles totales (CSFT), se utilizó el método de Folin-Ciocalteu (Robles -Sánchez *et al.,* 2007). La absorbancia se midió con un espectrofotómetro UV-VIS (Cary 60, Agilent, Santa Clara).
La cuantificación de la vitamina c se realizó utilizando el método de valoración con 2,6-diclorofenolindofenol, descrito por (Sánchez-Mata *et al*., 2000). Los resultados se expresaron como miligramos de ácido ascórbico por 100 gramos de muestra seca (mg AA 100 g^{-1} HST).
La cuantificación de los carotenoides totales presentes en el grano se realizó por lectura directa a 450 nm empleando un espectrofotómetro Agilent Technologies Cary 60 Uv-Vis. La concentración de carotenoides totales en la muestra se determinó interpolando los valores de la absorbancia obtenidos en una curva de calibración construida con concentraciones conocidas de β-caroteno.
Las determinaciones se hicieron en base a dos replicas, y con los datos obtenidos se obtuvieron promedios para comparar los diferentes ecotipos en su composición bioactiva

Resultados y discusión
Los resultados derivados de los análisis de compuestos bioactivos mostraron una amplia variedad en composición química entre los ecotipos evaluados, se encontraron elevados niveles de compuestos fenólicos. Los capsaicinoides: compuestos responsables del picor variaron significativamente. Por su parte los carotenoides responsables del color tuvieron una elevada variación que se correlacionó con la diversidad cromática evaluada Figura 1.

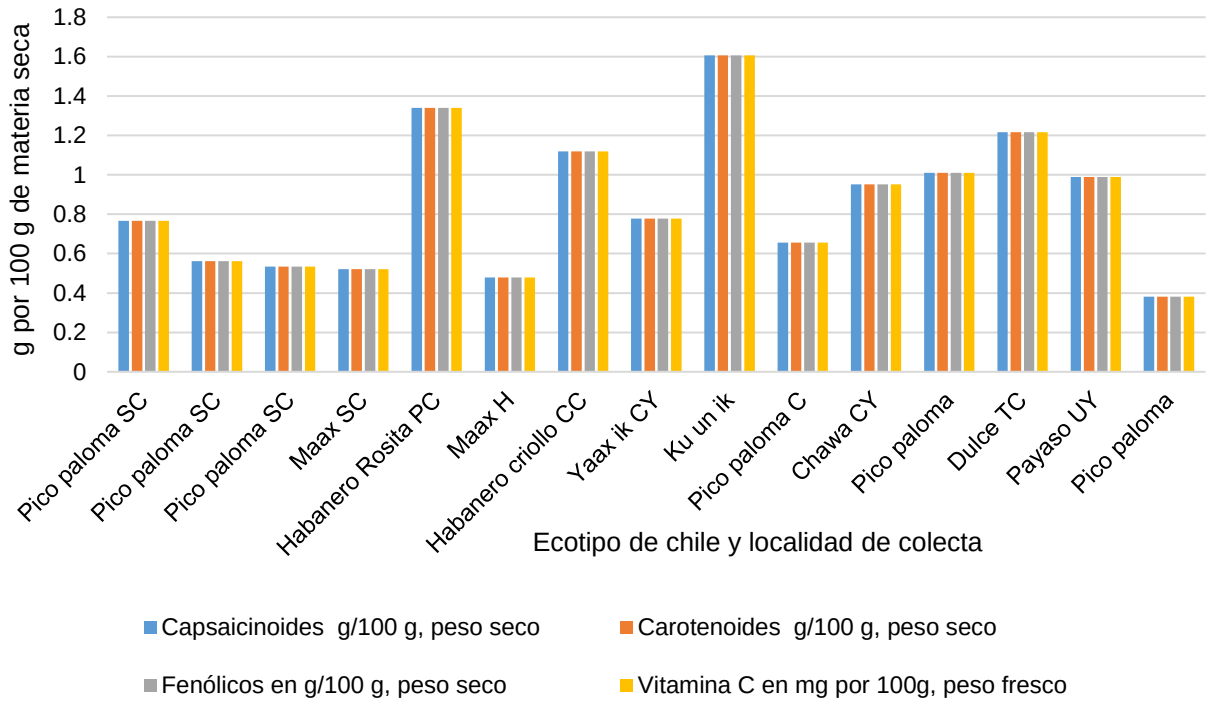


Figura 2. Composición bioactiva por ecotipo colectado en la península de Yucatán.

Se encontró que, en conjunto, el contenido de capsaicinoides totales de las colectas estudiadas se encontró en el intervalos entre 0.38 ± 0.06 y 1.61 ± 0.09 g por 100 g de muestra seca (ms); el contenido de compuestos fenólicos totales entre 0.75 ± 0.18 y 2.05 ± 0.59 g de equivalentes a ácido gálico por 100 g de ms, el de carotenoides entre 0.55 ± 0.3 a 2.18 ± 0.23 g equivalentes a β-caroteno por 100 g de ms, y de vitamina C entre 28.93 ± 0.9 y 164.56 ± 5.6 mg equivalentes a vitamina C en 100 g de chile fresco. En la Figura 1 se muestra el contenido promedio de capsaicinoides, carotenoides, flavonoides y vitamina C. Estos compuestos bioactivos varían en su concentración de acuerdo con la especie, el nivel de madurez, las condiciones de estrés, la fertilización, el manejo postcosecha de los frutos, e incluso la vida de anaquel, de acuerdo con lo citado por Campos-Hernández *et al.* (2018), También hay variación en el contenido total de estos compuestos, entre los componentes del fruto (pericarpio, semillas y placenta). El contenido bioactivo

encontrado en los ecotipos de chile trabajados pone de manifiesto dos cosas: La primera, la variación de cada uno de los compuestos extraídos entre y dentro de ecotipos como un indicador la diversidad genética que aún se puede encontrar del género *Capsicum* en la Península de Yucatán. La segunda, la posibilidad de encontrar compuestos bioactivos de gran importancia como los capsicinoides a los cuales se les atribuyen muchas propiedades digestivas, Entre los metabolitos secundarios, los compuestos fenólicos y carotenoides de los frutos de Capsicum presentan propiedades antifúngicas y antioxidantes (Rodríguez-Maturino *et al*., 2015). Los carotenoides no son solo precursores de la vitamina A , sino que también presentan una importante actividad antioxidante (Rufino *et al*., 2010).

Conclusiones

Los chiles de la Península de Yucatán exhibieron un contenido destacado de compuestos bioactivos, siendo los compuestos fenólicos solubles totales y los carotenoides los más prominentes. Estos hallazgos indican la presencia significativa de compuestos con actividad biológica en diferente cantidad en función del ecotipo, por lo que se deberían estudiar con mayor profundidad e incrementar su producción.

Referencias bibliográficas

Chen, J. P., Tai, C. Y., & Chen, B. H. (2004). Improved liquid chromatographic method for determination of carotenoids in Taiwanese mango (Mangifera indica L.). Journal of Chromatography A, 1054, 261–268.

Robles-Sánchez, M., Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Astiazarán-García, H., González-Aguilar, G., & Cruz-Valenzuela, R. (2007). Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. *Interciencia*, *32*(4), 227-232.

Rodríguez-Maturino, A., A. Valenzuela-Solorio, R. Troncoso Rojas, D. González-Mendoza, O. Grimaldo-Juárez, M. Avilés - Marín, and L. Cervantes-Diaz. 2012. Antioxidant activity and bioactive compounds of Chiltepin (Capsicum annuum var. glabriusculum) and Habanero (Capsicum chinense): A comparative study. J. Med. Plants Res. 6: 1758-1763.

Rufino, M. S., Alves, R. E., Brito, E. S., Pérez -Jimenez, J., Saura-Calixto, F., & Mancini Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. Food Chemistry, 121, 996–1002.

Sánchez-Mata, M., Cámara-Hurtado, M., Díez-Marqués, C. *et al.* Comparación de la cromatografía líquida de alta resolución y la espectrofluorimetría para el análisis de vitamina C en judías verdes (*Phaseolus vulgaris* L.). *Eur Food Res Technol* 210, 220–225 (2000). https://doi.org/10.1007/PL00005516

VALIDACIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO DURO EN LA REGIÓN SUR DEL ESTADO DE SONORA

Gabriela Chávez-Villalba[1], Alberto Borbón-Gracia[1], José Ángel Marroquín-Morales[1], Jorge Iván Alvarado-Padilla[2] y Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros[1]

[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug - CIRNO - INIFAP; [2]Campo Experimental Valle de Mexicali - CIRNO - INIFAP.
Autor para correspondencia: chavez.gabriela@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Triticum durum* L., rendimiento de grano, calidad industrial.

Introducción

Durante el ciclo agrícola 2024-2025, el estado de Sonora ha enfrentado un periodo de sequía sin precedentes, caracterizado por altas temperaturas y escasa precipitación, condiciones que ha impactado significativamente la producción agrícola. En el sur de Sonora, la variedad de trigo más cultivada es CIRNO C2008, la cual ocupa aproximadamente el 70 % del área destinada a este cultivo, No obstante, esta variedad presenta importantes limitaciones, como su baja tolerancia a la sequía, un contenido reducido de pigmentación amarillo en la sémola y susceptibilidad a la roya de la hoja. Estos factores pueden afectar la producción y rentabilidad del cultivo. La estrategia más económica y sostenible para superar estas limitaciones es el mejoramiento genético, mediante el cual se seleccionan características necesarias para hacer más competitiva a una nueva variedad (Padilla *et al*., 2020). Las características evaluadas en parcelas experimentales, también se evalúan en parcelas de validación con productores para comparar el comportamiento en parcelas semi comerciales y para mejorar la adopción de la nueva variedad por parte de los productores. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar y dar a conocer las bondades en los diferentes parámetros de calidad de las variedades comerciales de trigo duro y de una línea avanzada.

Materiales y métodos

La validación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2024-2025 en un suelo de aluvión en Huatabampo, Sonora. Se evaluaron tres variedades comerciales (CIRNO C2008, Noroeste C2021, Tarro Oro C2024 y una línea avanzada DW 7. Se sembraron el 12 de diciembre del 2024, con una densidad de siembra de 150 kg ha^{-1} de semilla, en húmedo alrededor de 0.36 ha de cada variedad y se manejó con tres riegos de auxilio. Debido a la sequía por la cual atraviesa el estado de Sonora, el tercer riego de auxilio se realizó usando agua de pozo. La trilla, se realizó con maquina combinada trillando el total de la parcela y posteriormente se pesó con un carro-báscula en el mismo sitio, extrapolando el rendimiento a toneladas por hectárea. Se tomó una muestra representativa de cada genotipo, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad del Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP). Los parámetros registrados fueron: Rendimiento de grano, contenido de proteína en grano (PG %), peso de mil granos (PMG g), peso hectolítrico (PH kg hL^{-1}), panza blanca (PB %) y color amarillo en sémola (valor b* del Minolta CR 400).

Resultados y discusión

El rendimiento de grano, el contenido de proteína en el mismo y el color en sémola, son una de las variables más importantes en la producción y comercialización de trigo duro. En el presente año 2025, la industria molinera de trigo duro “La Moderna”, una de las industrias molineras más importantes en México, bonifica con 8 dólares por tonelada a las variedades con alto contenido de pigmento. Mientras que, también se castiga a variedades con alto contenido de panza blanca, sobre todo en la zona noroeste de México, con valores que fluctúan entre el 15 y 25 % de panza blanca, dependiendo de la oferta y demanda del grano. En este sentido la nueva variedad Tarro oro C2024, muestra superioridad en todas las variables mencionadas. Con un rendimiento de 7440 kg ha-1 y 11.21 % de proteína en grano supera ampliamente el rendimiento (6305 kg ha-1) y contenido de proteína (10.18 %) de la variedad testigo CIRNO C2008. El color de la semola de Tarro con 32.75 unidades b* del Minolta CR 400 corrobora su denominación oro, y supera ampliamente el 25.51 unidades b* de la variedad CIRNO C2008. Y a pesar de su superioridad en rendimiento y proteína, es la variedad con el más bajo contenido de panza blanca con 2.6%.

La línea experimental DW7, también supera al testigo CIRNO C2008 en todas las variables antes mencionada. Su incremento en rendimiento y proteína representan un 14.40 y 9.4% respectivamente.

Mientras que su color amarillo en sémola, con 35.14 unidades b*, superó el valor de todos los genotipos evaluados. Con 11.6 % de panza blanca, se consideran valores bajos en trigo producido en parcelas comerciales.

Por su parte, la variedad Noroeste C2021 con un rendimiento de 7062 kg ha^{-1}, 10.58 % de proteína, 20.3% de panza blanca y un valor b* de 31.34 unidades, también corrobora la superioridad de esta variedad con respecto al testigo. Mientras se incrementa la semilla de Tarro Oro C2024, Noroeste C2021, representa mejor opción que CIRNO C2008.

El peso hectolítrico es una de las características físicas más importantes del comercio mundial de trigo por su relación significativa con el rendimiento semolero. Esta variable está influenciada por la forma y el tamaño del grano. Factores como la sequía y enfermedades disminuyen el peso hectolítrico (Peña, 2008). Los valores de peso hectolítrico de los genotipos evaluados oscilaron entre 79.5 y 83.5 kg hl^{-1}, con las variedades Tarro Oro C2024 y CIRNO C2008 respectivamente. Valores mayores a 80 kg hL^{-1} en trigo duro son preferidos por la industria molinera de trigo en el noroeste de México. Mientras que el peso de mil granos es una variable de selección importante desde el punto de vista agronómico e industrial, principalmente en trigo sembrado bajo condiciones de riego. Semillas de grano chico pueden presentar problemas de acame en altas densidades de siembra. En general, todos los genotipos evaluados presentaron bajo valor de peso de mil granos, influenciado seguramente por la cantidad de riegos con el cual se manejó el cultivo.

Cuadro 1. Rendimiento (REND) y Características de Calidad Industrial de genotipos de trigo duro procedentes de una parcela de validación del sur de Sonora durante el ciclo O-I/2024-2025.

GENOTIPO	REND (kg ha^{-1})	PROT (%)	PH (kg hL^{-1})	PMG (g)	b*	PB (%)
CIRNO C2008	6305	10.18	83.5	42.8	25.51	22.9
NOROESTE C2021	7062	10.58	82.1	41.5	31.34	20.3
TARRO ORO C2024	7440	11.21	79.5	37.3	32.75	2.6
DW 7	7213	11.14	81.6	44.8	35.14	11.6

Conclusiones

Los resultados de esta validación se consideran atípicos, generalmente variedes con más alto rendimiento muestran valores de proteína inferiores,

Paradójicamente aun cuando el rendimiento del testigo CIRNO C2008 fue bajo, no mostró su potencial en el contenido de proteína, quizás haya habido influencia por el uso del agua de pozo,

Estos resultados indican la necesidad de estudiar todos los factores ambientales que pueden influir en el desempeño de cultivo de trigo bajo condiciones de sequía, sin embargo, bajo las mismas condiciones, la variedad TARRO ORO C2024 mostro ser la mejor en sus características agro-industriales.

Agradecimientos

Se agradece al INIFAP por el apoyo al proyecto “Programa nacional de mejoramiento genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable de trigo en México”.

Referencias bibliográficas

Abbs Ghulam, Saqib Muhammad, Rafique Qaisir, Rahman M. Javaid Akhtar, Anwar ul-Haq and Muhammad Nasim. 2013. Effect of salinity on grain yield and grain quality of wheat (triticum aestivum L.). Pak. J. Agri. Sci., Vol. 50(1), 185-189. ISSN (Online) 2076-0906 http://www.pakjas.com.pk

Padilla V. I., Ramírez A.J.A., Ochoa E. X.M. y Armenta C. R.A. 2013. Validación de Variedades de Frijol en la región sur del estado de Sonora. Publicación Especial No. 20. CIRNO-INIFAP. Campo Experimental Norman E. Borlaug, abril 201. Cd. Obregón, Sonora, México. p 28-31

Peña, B. R. J.; Hernández, E. N.; Pérez, H. P.; Villaseñor, M. H.E.; Gómez, V. M.M. y Mendoza, L. M.A. 2008. Calidad de la cosecha del trigo en México. Ciclo otoño-invierno 2006-2007. Publicación Especial del CONASIST-CONATRIGO. México D. F. 28 p

ORDEN DE CRUZA EN LA PRODUCTIVIDAD DE HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ EN LOS VALLES ALTOS DE MÉXICO

Karina Yazmine Mora-García[1*], Margarita Tadeo-Robledo[1], Alejandro Espinosa-Calderón[2], J. Jesús García-Zavala [3], Enrique Inocencio Canales-Islas[4], Nicacio Cruz-Huerta[3], Apolinar Mejia-Contreras[3]

[1]Ingeniería Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, [2]Campo Experimental Valle de México, INIFAP, [3]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, [4]Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP.
*Autor para correspondencia: karina.mora.ing@gmail.com

Palabras clave: Rendimiento, mejoramiento genético, intercambio de progenitores, heterosis, estabilidad.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo fundamental en México, por su importancia económica, la generación de empleos en el sector agrícola, también por su valor cultural, al ser parte esencial de la dieta e identidad nacional (López-Torres *et al*., 2016). México es uno de los principales productores a nivel mundial, el rendimiento es el principal desafío particularmente en la región de los Valles Altos, donde el promedio es de 3.20 t ha^{-1}, bajo respecto a otras regiones del país y la media internacional (SIAP, 2024). Para elevar la productividad se requiere elevar el uso de variedades e híbridos adaptados a la región, con ventajas agronómicas, que aprovechen al máximo las condiciones ambientales, humedad disponible y haya disponibilidad de semilla mejorada (Virgen-Vargas *et al*., 2016). Ante este panorama, resulta crucial evaluar estrategias que permitan incrementar el rendimiento del maíz, especialmente mediante el mejoramiento genético y la optimización de técnicas de producción de semilla de híbridos que faciliten el abastecimiento de esta semilla a los productores. En este contexto, el presente estudio se enfocó en analizar el efecto del orden de cruza (directa, recíproca y alternativa) en el rendimiento de 10 híbridos trilíneales de maíz blanco, con el objetivo de determinar si la disposición de los progenitores (hembra/macho), en el proceso de producción de semilla híbrida, influye en la productividad del grano del híbrido final. Los resultados de esta investigación podrían definir el orden de cruza, directa o reciproca o combinaciones alternativas que conviene sean adoptadas en el proceso de producción comercial de semillas de híbridos de maíz, contribuyendo así a ofrecer a los productores de maíz, híbridos con buena productividad que apoyen la seguridad alimentaria en la región.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 2023 en dos localidades de los Valles Altos de México: FESC-UNAM (suelo franco-arcilloso) y CEVAMEX-INIFAP (suelo franco-arenoso). Se evaluaron 10 híbridos trilíneales, generados a partir de diferentes combinaciones de líneas parentales, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Cada parcela consistió en un surco de 5 metros de longitud, con una densidad de siembra de 65,000 plantas por hectárea. Las variables analizadas fueron: Rendimiento de grano (kg ha^{-1}), ajustado al 14% de humedad. Floración masculina y femenina (días desde siembra hasta emisión de polen y estigmas). Altura de planta y mazorca (cm). Componentes de rendimiento. El análisis estadístico se realizó mediante un ANOVA para evaluar diferencias entre ambientes, genotipos y su interacción, seguido de una prueba de Tukey (*p* ≤ 0.05) para comparación de medias. Además, se calculó el coeficiente de variación (CV) para garantizar la confiabilidad de los datos.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los dos ambientes evaluados. El rendimiento promedio fue mayor en FESC-UNAM (6,922 kg ha^{-1} en el mejor híbrido) en comparación con CEVAMEX-INIFAP (4,706 kg ha^{-1}), lo que se atribuyó a las mejores condiciones de retención de humedad y nutrientes en el suelo franco-arcilloso de la primera localidad. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que destacan la importancia de las características edáficas en el desempeño agronómico del maíz. En cuanto al orden de cruza, se encontró que, en el 90% de los híbridos no hubo diferencias significativas en el rendimiento al variar la ubicación de los progenitores, en el proceso de producción de semilla. Esto sugiere que, para estos materiales, la producción de semilla puede realizarse con flexibilidad, es decir usando indistintamente cualquier orden de cruza, sin afectar su potencial productivo. Sin embargo, se

identificó que el híbrido H7, donde la cruza (L4 × L9) × L7 superó en un 20.7% a su recíproco L7 × (L9 × L4) (6,229 vs. 4,938 kg ha^{-1}). Este resultado indica que, en ciertas combinaciones, la elección del progenitor materno puede ser determinante para maximizar el rendimiento, lo que indica la necesidad de determinar en cada caso el efecto de las conformaciones alternativas en la capacidad productiva de los híbridos.

Cuadro 1. Progenitores de 10 híbridos de maíz utilizados para integrar diferentes órdenes de cruzamiento de los híbridos trilineales.

Híbrido	Clave	Línea	Híbrido	Clave	Línea
	L1	IA449RMIA44		L3	MIA46
H1	L9	246	H6	L10	349
	L4	IA442F		L5	IA424F
	L1	IA449RMIA4A		L7	MIA47
H2	L10	349	H7	L4	IA442F
	L5	IA424F		L9	246
	L2	MIA45		L7	MIA47
H3	L4	IA442F	H8	L10	349
	L9	246		L5	IA424F
	L2	MIA45		L8	AG7573E
H4	L10	349	H9	L5	IA424F
	L5	IA424F		L10	349
	L3	MIA46		L8	AG7573E
H5	L4	IA442F	H10	L4	IA442F
	L9	246		L9	246

Conclusiones

No hubo diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento entre la mayoría de los híbridos, por influencia del orden de cruza, o bien combinaciones alternativas de los progenitores (hembra/macho), por lo que se definió que en la mayoría de los híbridos las combinaciones alternativas no influyeron de manera significativa en la capacidad productiva. Sin embargo, se identificó que en el híbrido H7: la cruza (L4 × L9) × L7 registró un rendimiento de 6.23 Mg ha^{-1} y su recíproco L7 × (L9 × L4) presentó una reducción del 20.7% (4.94 Mg ha^{-1}). Esto indica que, en específico, en ciertos híbridos, las combinaciones parentales, el orden de cruza puede ser un factor que influye en el rendimiento, destacando la necesidad de evaluar individualmente cada combinación para optimizar el rendimiento.

Esta investigación refuerza la necesidad de adoptar estrategias integrales que combinen mejoramiento genético, así como producción y tecnología de semillas, manejo agronómico adecuado, que respalden buenas políticas públicas que fomenten el acceso a semilla mejorada en la región.

Fuente financiadora

Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT: IT200925) de la UNAM, y PICI: c12460 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, le extiendo mi gratitud por el financiamiento que hizo posible la ejecución de los trabajos experimentales.

Referencias bibliográficas

López-Torres, B. J., Rendón-Medel, R., Camacho-Villa, T. (2016). La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(15), 3075-3088.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Producción mensual agrícola. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Retrieved from http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

Virgen-Vargas, J., Zepeda-Bautista, R., Avila-Perches, M. A., Espinosa-Calderón, A., Arellano-Vázquez, J. L., Gámez-Vázquez, A. J. (2016). Producción y calidad de semilla de maíz en Valles Altos de México. Agronomía Mesoamericana, 191-206.

EXPRESIÓN DE LA HETEROSIS EN EL RENDIMIENTO DE PROGENIES DE CRUZAS DE CHILE GUAJILLO POR PUYA Y ÁRBOL

Ulises Santiago-López[1*], Moisés Ramírez-Meraz[2], Reinaldo Méndez-Aguilar[2], Yeimy Clemencia Ramírez-Rodas[1], Antonio Martínez-Ruiz[1], Marco Hassel Solís-Monfil[3]

[1]C. E. Valles Centrales de Oaxaca, CIR Pacífico Sur, INIFAP; [2]C. E. Las Huastecas, CIR Noreste, INIFAP; [3]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia.
*Autor para correspondencia: santiago.ulises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cruzas, heterosis, rendimiento.

Introducción

La heterosis es un fenómeno que exhibe la superioridad de la primera generación filial (F_1) con respecto a progenitores genéticamente divergentes y se aprovecha ampliamente en el mejoramiento genético de diversos cultivos a través de híbridos convencionales y no convencionales; los primeros se distinguen porque involucran solamente líneas endogámicas con cierto grado de homocigosis y en el segundo caso involucra progenitores no endogámicos o combinaciones de estos (Martínez *et al*, 2014). El uso de la heterosis en hortalizas fue propuesto por primera vez por Hayes y Jones en 1916 en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.); sin embargo, las semillas híbridas de esta especie se utilizaron hasta la década de 1930 debido al alto costo de producción de semilla F_1. La heterosis ha sido reconocida como una herramienta práctica que proporciona al mejorador medios para aumentar el rendimiento y otros rasgos económicos. Yu *et al*. (2021) describen cinco hipótesis para explicar el mecanismo por el cual los genes regulan la heterosis. 1) Efecto de la dominancia, acción génica intralocus donde el alelo dominante inhibe el alelo recesivo; 2) Efecto de la sobredominancia, acción génica intralocus, en el cual el sobredominio de un solo alelo heterocigótico promueve el desarrollo de la heterosis; 3) Efecto de la epistasis, acción génica interloci donde la heterosis es proveniente de la interacción no alélica; 4) Efecto genético activo, donde los genes de los padres promueven la heterosis cuando son heterocigóticos y producen la impronta del genoma cuando son homocigóticos, lo que inhibe la aparición de la heterosis; y 5) Un sistema de red ordenada de expresión de los genes de los progenitores que permite a la F_1 desarrollar la heterosis. En chile guajillo existen hibrido convencionales que aprovechan la heterosis de la F_1, sin embargo, no existe información relacionadas a híbridos no convencionales para el mejoramiento del rendimiento y características de fruto en este morfotipo. Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo estimar la heterosis en el rendimiento y características de fruto en progenies de cruzas de chile guajillo por puya y árbol.

Materiales y métodos

El experimento se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano (P-V) de 2020 bajo un sistema de producción a cielo abierto en tres localidades contrastantes en características climáticas, edáficas y de manejo agronómico: 1) Calera, Zacatecas, en el Centro Regional Universitario Centro Norte de la Universidad Autónoma Chapingo; 2) Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, en el Campo Experimental (C.E.) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y; 3) Ejido del Centro, Ahualúlco, San Luis Potosí. Se evaluaron cinco poblaciones parentales de chile (P): tres de guajillo (PG) y una de puya y árbol, respectivamente; seis poblaciones de cruzas intertipos (F1); y la variedad Don Luis como testigo. En las tres localidades, la preparación del terreno consistió en barbecho, dos pasos de rastra para y acondicionamiento de acuerdo al manejo agronómico. La producción de plántulas se efectuó en invernadero. La siembra se realizó en charolas de poliestireno blanco de 200 cavidades, utilizando turba y vermiculita como sustrato en una proporción 3:1. El trasplante de los materiales se realizó cuando las plántulas presentaban una altura de entre 7 a 12 cm y de 3 a 4 pares de hojas verdaderas. La cosecha de los experimentos se realizó cuando todas las poblaciones presentaban frutos completamente maduros. Los genotipos se evaluaron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por una cama de 1.8 m de ancho, 5 m de largo, doble hilera espaciadas a 0.25 m y arreglo topológico tres bolillos con 0.35 m entre plantas, obteniendo así una densidad de 3.1 plantas por m^2. La parcela útil fueron dos metros centrales dentro de cada unidad experimental. Las variables evaluadas fueron rendimiento en seco (RS, t ha-1), rendimiento en fresco (RF t ha-1), relación de conversión de rojo fresco a seco (RF/S),

características de fruto como longitud (LF, cm), diámetro a nivel de cáliz (DFC, mm), parte media (DFM, mm) y ápice (DFA, mm) y numero de frutos por planta (NFP). Los datos de rendimiento por hectárea se obtuvieron por extrapolación a partir de los datos de la parcela útil. Las características de fruto se tomaron en una muestra aleatoria de nueve frutos secos por genotipo.

Para todas las variables se realizó un análisis de varianza combinado de los tres ambientes y comparación de medias por el método de Tukey (P ≤ 0.05). Estos análisis se efectuaron mediante el paquete estadístico SAS® 9.4 (SAS Institute, 2002) bajo el modelo matemático $\boldsymbol{y_{ijk}} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_{J(K)} + \delta_{ik} + \varepsilon_{ijk}$, donde y_{ijk} = respuesta del genotipo i en el bloque j del año k; μ = media general; τ_i = efecto del genotipo i; β_j = efecto del bloque j; $\alpha_{j(k)}$ = efecto del bloque j anidado en el año k; δ_{ik} = efecto de interacción genotipo por año ik; ε_{ijk} = efecto aleatorio atribuido al error experimental. La heterosis, con respecto al progenitor medio en los tres ambientes de forma combinada, se calculó con la formula H = [(F1 - PM) / PM] × 100, donde H: heterosis porcentual (%); F1: media fenotípica de la población F1; PM= (*Pi* + *Pj*)/2, media fenotípica del progenitor medio; Pi y Pj: media fenotípica del progenitor *i* y del progenitor *j.*

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias significativas (P≤0.01) entre los genotipos (G) y ambientes (E) para todos los caracteres; el primer caso puede atribuirse a la divergencia genética de los progenitores, origen geográfico y grado de adaptación de los genotipos a los ambientes evaluados, mientras que, el segundo caso se debe a las características climáticas, edáficas y de manejo agronómico contrastantes entre ambientes (Cuadro 1). La interacción genotipo-ambiente (G*E) resultó altamente significativa para el RS y NFP, y significativa para el RF, RF/S, situación que indicó que el comportamiento de estas variables no fue consistente a través de los ambientes (Cuadro 1). Méndez-Aguilar *et al*. (2008) al cruzar poblaciones de chile de amplia base genética (serrano, jalapeño, guajillo y ancho), concluyeron que la formación de poblaciones mediante la recombinación de dos o más tipos raciales, incrementa la variabilidad genética y las hace apropiadas para realizar mejoramiento poblacional por selección recurrente, dependiendo de los tipos raciales involucrados. Por su parte, Amador-Ramírez *et al*., 2013 en un estudio realizado en el Altiplano de Zacatecas donde se evaluaron cultivares del tipo mirasol guajillo bajo diferentes sistemas de producción, concluyeron que la productividad de este morfo-tipo estuvo influenciada por factores extrínsecos asociados con diferentes componentes tecnológicos como riego por goteo y acolchado plástico. La comparación de medias indico que todas las cruzas F_1 evaluadas en el estudio, obtuvieron un RS por arriba de 3.0 t ha^{-1}, excepto la cruza [F_1(P4G*P9gxA)]. Además, la cruza inter-poblacional [P4G*P9g] presento valores superiores para las todas las variables, excepto para RS y NFP (Cuadro 2).

La heterosis promedio para todos los caracteres evaluados con respecto al progenitor medio, en los tres ambientes, fluctuó de -11.36 a 28.85 % y resulto positiva para el RS, RF y LF. Con relación a lo anterior, diversas investigaciones han documentado efectos positivos de heterosis para el rendimiento en progenies de cruzas interpoblacionales, interraciales e interlineales de diferentes morfotipos de chile (Nalwa y Kumar, 2021). Caso contrario para las variables RF/S, DFC, DFM, DFA y NFP donde se observaron valores negativos (Cuadro 3).

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado para el rendimiento y sus componentes en cruzas de chile guajillo por puya y árbol.

FV	GL	RS	RF	RF/S	LF	DFC	DFM	DFA	NFP
G	11	1.73**	40.07**	2.62**	36.61**	212.05**	1116.15**	63.21**	1452.99**
E	2	59.09**	1654.75**	20.64**	76.32**	102.42**	117.78**	245.64**	22061.63**
R(E)	6	0.67*	15.00^{ns}	0.84*	5.92^{ns}	5.68^{ns}	20.88^{ns}	3.65^{ns}	287.43^{ns}
G*E	22	0.47**	13.37*	0.45*	3.82^{ns}	5.65^{ns}	21.37^{ns}	3.89^{ns}	478.71**
Error	192	0.29	8.65	0.29	3.54	4.39	19.02	2.70	165.43
C.V		18.59	25.21	13.86	14.47	15.48	16.44	21.66	43.15

**,*P ≤ 0.01, *P ≤ 0.05, FV: factor de variación, GL: grados de libertad, RS: rendimiento seco (t ha-1), RF: rendimiento fresco (t ha-1), RF/S: relación de conversión de rojo fresco a seco, LF: Longitud de fruto (cm), DFC: diámetro a nivel de cáliz (mm), DFM: diámetro en la parte media (mm), DFA: diámetro en el ápice (mm) y NFP: número de frutos por planta.

Conclusiones

Las progenies F_1 de cruzas de chile guajillo por puya y árbol presentaron heterosis positiva para el RS, RF y LF, por lo que, es factible el desarrollar líneas avanzadas a partir de poblaciones F_2 para su uso como progenitores de híbridos y aprovechamiento de la heterosis en estos caracteres.

Cuadro 2. Comparación de medias del rendimiento y sus componentes en cruzas de chile guajillo por puya y árbol.

GEN	RS	RF	RF/S	LF	DFC	DFM	DFA	NFP
Puya	2.871^{a-e}	10.074^{a-e}	3.342^{i-k}	11.47^{h-j}	9.193^{k}	17.48^{l}	5.51^{k-m}	65.77^{a}
Árbol	1.637^{f}	5.786^{e}	3.424^{f-k}	9.94^{j}	6.682^{l}	11.60^{m}	4.24^{m}	61.33^{ab}
P4G	2.781^{b-e}	12.918^{a-d}	4.370^{a-h}	14.18^{a-e}	17.62^{a}	34.66^{ab}	9.12^{a-d}	15.44^{g}
P9g	2.958^{a-e}	11.232^{a-d}	3.848^{b-k}	13.36^{b-h}	16.60^{ab}	32.40^{a-d}	8.69^{a-f}	18.55^{fg}
P4G*P9g	3.278^{a-e}	14.618^{ab}	4.444^{a-f}	14.32^{a-d}	17.60^{a}	36.74^{a}	10.19^{a}	17.00^{g}
F1(P4GxP)	3.856^{a}	13.511^{a-c}	3.525^{d-k}	13.12^{b-h}	12.21^{f-j}	24.60^{h-j}	7.95^{c-h}	31.00^{c-g}
F1(P4GxA)	3.321^{a-e}	11.084^{a-e}	3.360^{h-k}	12.14^{f-i}	10.05^{jk}	18.01^{l}	5.54^{j-m}	30.11^{d-g}
F1(P4G*P9gxP)	3.172^{a-e}	11.394^{a-d}	3.517^{e-jk}	12.89^{b-i}	12.46^{f-h}	23.83^{i-k}	6.77^{g-l}	30.66^{d-g}
F1(P4G*P9gxA)	2.972^{a-e}	9.350^{b-e}	3.140^{k}	11.15^{ij}	9.742^{k}	17.53^{l}	5.32^{k-m}	45.44^{a-d}
F1(P9gxP)	3.778^{ab}	13.803^{a-c}	3.606^{c-k}	12.88^{b-i}	12.47^{f-h}	24.36^{ij}	7.45^{d-i}	34.22^{c-g}
F1(P9gxA)	3.383^{a-d}	10.531^{a-e}	3.128^{k}	12.20^{f-i}	10.24^{i-k}	17.71^{l}	5.30^{k-m}	41.77^{b-f}
Don Luis	2.761^{c-e}	12.014^{a-d}	4.275^{b-i}	12.30^{e-i}	16.08^{a-c}	32.73^{a-c}	8.75^{a-f}	26.33^{d-g}

Medias con letras iguales dentro de la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), GEN (Genotipos), RS: rendimiento seco (t ha-1), RF: rendimiento fresco (t ha-1), RF/S: relación de conversión de rojo fresco a seco, LF: Longitud de fruto (cm), DFC: diámetro a nivel de cáliz (mm), DFM: diámetro en la parte media (mm), DFA: diámetro en el ápice (mm) y NFP: número de frutos por planta.

Cuadro 3. Heterosis (%) estimada para el rendimiento y sus componentes en cruzas de chile guajillo por puya y árbol.

GEN	RS	RF	RF/S	LF	DFC	DFM	DFA	NFP
P4G*P9g	14.25	21.06	8.15	4.01	2.83	9.57	14.43	-0.01
F1(P4GxP)	36.47	17.53	-8.57	2.31	-8.95	-5.62	8.62	-23.67
F1(P4GxA)	50.31	18.52	-13.78	0.68	-17.25	-22.13	-17.03	-21.56
F1(P4G*P9gxP)	3.16	-7.71	-9.64	-0.03	-6.97	-12.08	-13.72	-25.91
F1(P4G*P9gxA)	20.90	-8.35	-20.19	-8.09	-19.76	-27.46	-26.24	16.03
F1(P9gxP)	29.64	29.57	0.31	3.73	-3.25	-2.33	4.93	-18.84
F1(P9gxA)	47.21	23.76	-13.96	4.73	-12.00	-19.50	-18.06	4.59
Promedio	28.85	13.48	-8.24	1.05	-9.34	-11.36	-6.72	-9.91

GEN: Genotipos, RS: rendimiento seco (t ha-1), RF: rendimiento fresco (t ha-1), RF/S: relación de conversión de rojo fresco a seco, LF: Longitud de fruto (cm), DFC: diámetro a nivel de cáliz (mm), DFM: diámetro en la parte media (mm), DFA: diámetro en el ápice (mm) y NFP: número de frutos por planta.

Agradecimientos

Los autores agradecen al INIFAP y al Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus Montecillo.

Fuente financiadora

INIFAP, COLPOS y SECIHTI quien otorgo una beca de doctorado al autor principal de la investigación.

Referencias bibliográficas

Martínez-Martínez R., I. Méndez-Infante, H. M. Castañeda-Aldaz, A. M. Vera-Guzmán, J. L. Chávez-Servia y J. C. Carrillo-Rodríguez (2014) Heterosis interpoblacional en agromorfología y capsaicinoides de chiles nativos de Oaxaca. Revista Fitotecnia Mexicana 37:199-207, https://doi.org/10.35196/rfm.2014.3.199

Yu D., X. Gu, S. Zhang, S. Dong, H. Miao, K. Gebretsadik and K. Bo (2021) Molecular basis of heterosis and related breeding strategies reveal its importance in vegetable breeding. Horticulture Research 8:1-17, https://doi.org/10.1038/s41438-021-00552-9

Méndez-Aguilar R., G. Martínez-Zambrano, M. Ramírez-Meraz, N. Mayek-Pérez, A. López-Benitez y H. de León-Castillo (2008) Formación de poblaciones de chile (Capsicum annuum L.) para selección recurrente y caracterización mediante marcadores AFLP. Revista Agraria 5:6-12.

Amador-Ramírez M. D., R. Velásquez-Valle, B. I. Sánchez-Toledano y E. Acosta-Díaz (2013) Respuesta del chile mirasol a la labranza reducida, enmiendas al suelo y acolchado plástico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4:543-555, https://doi.org/10.29312/remexca.v4i4.1186

Nalwa C. and M. Kumar (2021). Combining ability analysis for quantitative traits in red sweet pepper (Capsicum annuum L. var. grossum Sendt.) grown under protected condition. Bangladesh Journal of Botany 50:165-169, https://doi.org/10.3329/bjb.v50i1.52684

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FIBRA DE CINCO VARIEDADES CONVENCIONAL Y TRES LÍNEAS DE ALGODÓN EN LAS REGIONES DE DELICIAS Y LA LAGUNA

Enrique Hernández-Leal[1*], Olga Bonilla-Barrientos[1], Iván Franco-Gaytán[2], Jorge Maltos-Buendia[2], Isidro Reyes-Juárez[2], Antonio Anaya-Salgado[2]

[1]Campo Experimental Delicias, INIFAP, [2]Campo Experimental La Laguna.
*Autor para correspondencia: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimiento, mejoramiento genético, selección, calidad de fibra.

Introducción

El algodón es la planta textil natural más importante del mundo al aportar el 81% de la fibra y el 27% de la producción textil (FAO, 2021). A nivel mundial las especies *Gossypium hirsutum* (>90%), *G. barbadense* (3 al 4%), *G. arboreum* y *G. herbaceum* (2%) producen más del 96% de algodón (Viot y Wendel, 2023). Los principales países productores a nivel mundial en 2022/2023 fueron India, China, Estados Unidos, Brasil, Australia, Turquía, Pakistán, Uzbekistán, Argentina y Mali. México se ubicó en el decimosexto lugar con un volumen de 231,000 toneladas, lo que representó el 0.89% de la producción mundial (Wisevoter, 2024). En la actualidad, es indispensable generar variedades de algodón con altos rendimientos y una alta calidad de fibras, con el objetivo de seguir abasteciendo la producción mundial de algodón. Por eso, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el rendimiento y la calidad de fibra de cinco variedades convencionales y tres líneas de algodón en Matamoros, Coahuila y Delicias, Chihuahua.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en los ciclos agrícolas 2023, en los Campos Experimentales La Laguna (CELALA) localizado en Matamoros, Coahuila ubicado en 25º 32’ N y 103º 14’ O a1150 msnm. y Delicias (CEDEL) del INIFAP, ubicado en el municipio de Delicias, Chihuahua a 28º 37' N y 103º 17' O, y 1,165 msnm. La siembra fue el 04 de abril y el 9 de mayo en el C.E. La Laguna y Delicias, respectivamente. A una distancia de 76 cm entre surcos y nueve plantas por metro lineal, para obtener una población de 115,000 plantas ha^{-1}. La dosis de fertilización utilizada para la Laguna fue de 120-40-00 y para Delicias de 160-70-00, de NPK respectivamente, aplicando todo el fosforo y la mitad del nitrógeno antes del riego de siembra y el resto de nitrógeno en el primer riego de auxilio. Los riegos de auxilio fueron a los 58, 94 y 113 días después de la siembra (dds) en la Laguna, mientras que en el C. E. Delicias fue a los 25, 52, 67, 89 y 106 dds. El control de maleza y la cosecha se realizaron de forma manual, la cosecha se realizó en la Laguna a los 126 y a los 139 dds en Delicias.

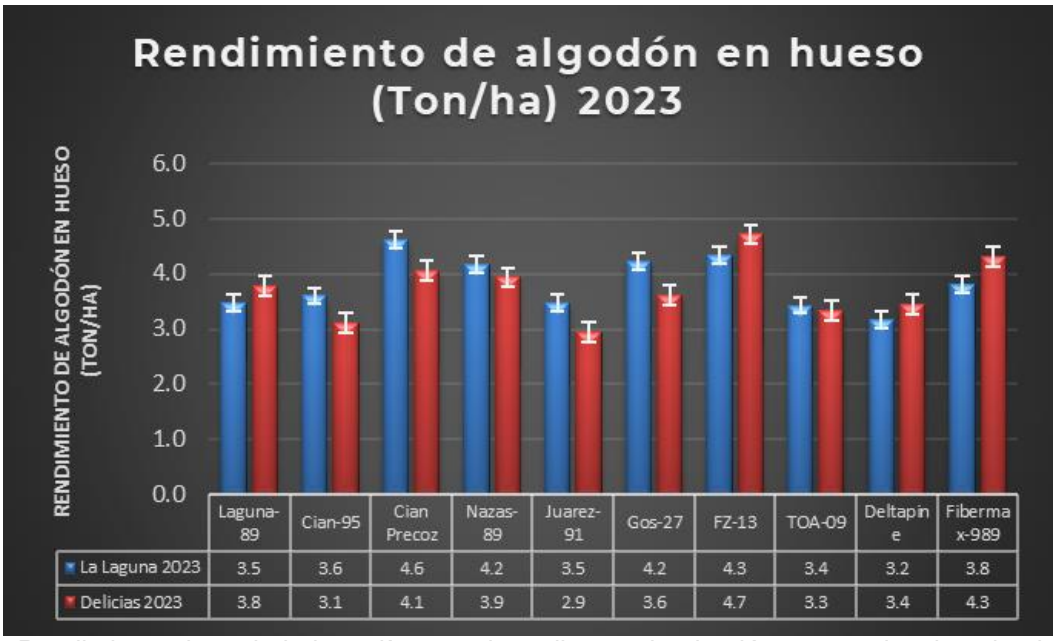
El material biológico utilizado fueron las variedades convencionales de algodón: Cian Precoz, Cian-95, Juárez-91, Laguna-89 y Nazas-87 obtenidas en el programa de mejoramiento genético; así como las líneas experimentales GOS-27, FZ-13 y TOA-09 y los testigos DeltaPine® y Fibermax-989®. En las dos localidades se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de seis surcos de 6 m de longitud, las plantas muestreadas se obtuvieron de los dos surcos centrales. A cada experimento se registró el rendimiento de algodón en hueso (REN) y para determinar la calidad de la fibra se tomó una muestra aleatoria de 30 capullos por parcela, se separó la fibra de la semilla y se pesó, para obtener una muestra de 120 a 130 g para su envío al laboratorio de calidad de fibra del CELALA-INIFAP (Figura 10), donde se determinó a cada muestra la longitud de fibra (LON; en mm), resistencia (RES; en g/tex) y finura (FIN; en índice de micronaire). Se realizó un análisis de varianza a cada variable utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 2011). Cuando se detectaron diferencias estadísticas entre variedades ($P \leq 0.05$) se aplicó la prueba de separación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y discusión

La calidad de fibra en los materiales evaluados fue diferente ($p \leq 0.05$) entre las variedades y líneas evaluadas. Los coeficientes de variación (C.V.) de los análisis estuvieron entre 4.21 y 5.2%, lo que indica que el muestreo y análisis de las muestras fueron correctos, ya que experimentos donde se evalúan genotipos es aceptable un C.V. entre 6 y 8 % (Gómez y Gómez, 1984).

Los resultados de la prueba de medias indican que no hubo diferencias estadísticas en rendimiento entre las variedades y líneas. En la Figura 1 se puede observar que GOS-27, FZ-13 y Cian Precoz fueron los

que tuvieron los rendimientos más altos en La Laguna, mientras que en Delicias solo FZ-13 tuvo el mayor rendimiento con 4.7 ton/ha. Datos del SIAP señalan que el rendimiento promedio en el ciclo agrícola del 2023 en Coahuila fue de 5.51 t ha-1 de algodón en hueso, seguido por Chihuahua y Durango con 5.47 y 5.21 t ha^{-1} respectivamente (SIAP, 2024).



	Laguna-89	Cian-95	Cian Precoz	Nazas-89	Juarez-91	Gos-27	FZ-13	TOA-09	Deltapine	Fibermax-989
La Laguna 2023	3.5	3.6	4.6	4.2	3.5	4.2	4.3	3.4	3.2	3.8
Delicias 2023	3.8	3.1	4.1	3.9	2.9	3.6	4.7	3.3	3.4	4.3

Figura 1. Rendimiento de variedades y líneas sobresalientes de algodón convencional evaluadas en las regiones de La Laguna y Delicias.

Los resultados de la prueba de medias indico que hubo diferencias estadísticas entre las variedades y líneas para las tres características. La longitud es muy importante para su hilabilidad por la cantidad de fibras que pueden superponerse entre sí (Secretaría de Economía, 2000). Cuanto mayor sea la superposición, más fácil será unir las fibras y tener una mejor resistencia del hilo (Solé, 2012). El testigo comercial DeltaPine® presentó el valor más alto de finura para el C.E. Laguna con 5.1 micronaires, ubicándolo como muy gruesa, de acuerdo con la clasificación por instrumentos de alto volumen o HVI (CNSPA, 2012); el resto de los materiales en los dos ambientes estuvieron ubicados en la clasificación como finura normal. Solé (2012) menciona que los algodones con micronaires bajos (fibras finas) son utilizadas para fabricar hilos delgados y los que poseen fibras ásperas (Micronaires altos), son usadas para elaborar hilos gruesos.

Respecto a la resistencia de fibra, Cian 95, Nazas-87, Laguna-89 y Juárez91; además de los testigos comerciales Deltapine® y Fibermax-989® tuvieron los valores más altos en los dos ambientes con valores que se ubicaron entre 34.9 a 32.9 g/tex, el resto de genotipos presentaron una resistencia alta. Los estándares de fibra de las fábricas de hilado en la actualidad se basan en una mayor calidad de fibra, principalmente de la resistencia (Arioli, 2005). La longitud, resistencia, uniformidad y eficiencia en el proceso de hilado es afectada por la variedad a sembrar, estrés hídrico, temperaturas extremas y la deficiencia de nutrientes (Constable, 2007).

A pesar de que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los materiales evaluados, la industria textil requiere como mínimo una calidad de fibra de 26.7 a 27.2 mm de longitud y entre 3.5 a 4.9 unidades en índices de micronaire (Estrada *et al*., 2008), por lo que todos los materiales evaluados cumplen con dicho requisito.

Conclusiones

La línea experimental FZ-13 fue la que tuvo el rendimiento más estable tanto en La Laguna y Delicias al ser de 4.3 y 4.7 ton/ha, respectivamente. Para La Laguna GOS-27 y Cian Precoz fueron los que tuvieron los rendimientos más altos, mientras que para Delicias Cian Precoz es otro genotipo que puede ser utilizado por los productores. A pesar de que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos evaluados, todos cumplen con el mínimo de calidad de fibra que la industria textil requiere, por lo que

pueden ser utilizados como fuente de germoplasma para ser utilizados en programas de mejoramiento genético.

Agradecimientos

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento del proyecto número 12324835668 denominado “Determinación del potencial productivo y calidad de fibra de siete materiales convencionales de algodonero para el Norte Centro de México”.

Referencias bibliográficas

Arioli T. 2005. Genetic engineering for Cotton fiber improvement. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. 58:140-150

CNSPA, Comité Nacional Sistema Producto Algodón. 2012. Plan Rector Sistema Producto Algodón. Comité Nacional Sistema Producto Algodón, A. C. México, D. F. 52 p. http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/algodonbc/Descargas/DescargaSISTEMA%20PROD.pdf

Constable, G. A. 2007, Producing and preserving fiber quality: from the seed to the bale, Proceedings of 4th World Cotton Research Conference, 10–14 September 2007, Lubbock, Texas, USA, 24 pp

Estrada, O. T., Palomo-Gil, A., Espinoza-Banda, A., Rodríguez-Herrera, S.A., Ruiz-Torres, N. A. 2008. Rendimiento y calidad de fibra de algodón cultivado en surcos ultra estrechos. Revista Fitotecnia Mexicana. 31:79-83.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021. Tendencias recientes y perspectivas en el mercado algodonero mundial, y desarrollo de políticas. 76 p. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/debd9934-1d7e-4c5b-bb5b-5e9d49ee2855/content

Gómez KA, Gómez A. A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. John Wiley Inter Science, Hoboken, NJ, USA.

SAS, Analítica, Inteligencia Artificial y Gestión de Datos. 2011. SAS/STAT 9.4. User’s guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.8640

Secretaría De Economía, 2000. NMX-A-051-Scfi-2000. Productos Agrícolas No Industrializados Para Uso Industrial - Algodón Para Hilar - (*Gossypium* Spp) – Especificaciones (Cancela A La Nmx-A-051-1964).

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2024. Producción Agrícola. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119

Solé, C.A. 2012. Hilatura del algodón- Fibras textiles. Instituto Tecnológico Textil (AITEX) de España. 35 p.

Wisevoter, 2024. Producción de algodón por país. https://wisevoter.com/country-rankings/cotton-production-by-country/

Viot, C.R. y Wendel, J.F. 2023. Evolution of the Cotton Genus, Gossypium, and Its Domestication in the Americas. Critical Reviews in Plant Sciences. https://doi.org/10.1080/07352689.2022.2156061

CALIDAD DE FIBRA EN GENOTIPOS DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.) NATIVOS

Enrique Hernández-Leal[1*], Olga Bonilla-Barrientos[1], Iván Franco-Gaytán[2], Jorge Maltos-Buendia[2], Isidro Reyes-Juárez[2], Antonio Anaya-Salgado[2]

[1]Campo Experimental Delicias, INIFAP, [2]Campo Experimental La Laguna.
*Autor para correspondencia: hernandez.enrique@inifap.gob.mx

Palabras clave: Mejoramiento genético, diversidad genética, germoplasma del algodón, selección.

Introducción

El algodonero (*Gossypium hirsutum* L.) es la principal fuente de fibras textiles naturales en el mundo. Propiedades como pegajosidad de la fibra corta, contenido de basura, color, longitud de la fibra y finura son características de la calidad de la fibra que determinan la fijación de precios, rentabilidad y comercialización. Por ello, la descripción y medición de todos sus caracteres es indispensable para asegurar una producción de fibra de algodón de alta calidad. Desde finales de 1960 y a la fecha, el Instrumento de Alto Volumen (H.V.I.) es utilizado para seleccionar poblaciones de plantas con alta calidad de fibra, debido a que estos parámetros son fundamentales para determinar la rentabilidad del algodón (Pinnamaneni *et al*., 2021). La finura (micronaire), longitud, resistencia, elongación, índice de humedad, fibras cortas y el color son parámetros que determinan la calidad de la fibra y están controlados principalmente por factores genéticos (Yehia y El-Hashash, 2022). Por eso, el objetivo de la presente investigación fue evaluar, seleccionar y caracterizar el germoplasma de algodonero (*Gossypium* spp.) con alta calidad de fibra, para que compitan con las variedades transgénicas que se comercializan en la actualidad.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en un invernadero del C.E. La Laguna del INIFAP (CELALA), en Matamoros, Coahuila, México (25° 32’ 1’’ N, 103° 14’ 79’’ O, altitud de 1150 m), en otoño-invierno de 2019. Se evaluaron las poblaciones nativas FZ-10, FZ-13 CHAMPION, FZ-13 CLON, FZ-15, GOS-17, GOS-21, GOS-22, GOS-27, US-023, TOA-03, TOA-04, TOA-06, TOA-11, TOA-12, TOA-17, TOA-18 y TOA-27 del Jardín Botánico del C. E. Iguala-INIFAP, PI-589, P1-583 CHAPIS, P1-873, PI-528748 y PI-201584 del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Chapingo, las variedades convencionales JUÁREZ-91, CIAN-95, CIAN PRECOZ, NAZAS-87A, NAZA- 87B y NAZAS SELECTA del C. E. La Laguna y el testigo comercial DELTAPINE®. El 22 de octubre de 2019 se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, usando Peat Moss como sustrato. El trasplante se hizo en condiciones de hidroponía a los 35 días después de la siembra (DDS). Los 28 genotipos y el testigo se establecieron en bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 12 L rellenas con arena de río como sustrato. La fertilización se realizó con fertirriego a una dosis con aminoácidos de 300 a 500 ml por cada 200 L de agua, algas marinas (2 L ha^{-1}), Bayfolan® (0.4 L ha^{-1}) y Push® (10 a 20 L ha^{-1}), incrementando la dosis de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Se empezó con una concentración del 50 % hasta el inicio de Cuadros, y a partir de la floración y hasta la fructificación, la concentración se incrementó al 100 %. Se realizaron dos aplicaciones con los fungicidas Promyl 50® y Previcur® a una dosis de 1 kg ha-1 para el control de damping off, y de Captan® para prevenir Rhizoctonia solani.

Se realizaron dos cosechas el 20 de mayo y 2 de junio. Se tomó una muestra aleatoria de 60 capullos en 15 plantas por cada genotipo, separando la fibra de la semilla. Las muestras de fibra de algodón se enviaron al laboratorio de calidad de fibra del INIFAP-CELALA para su análisis. A cada muestra se le determinó la longitud de fibra (LON; mm), resistencia (RES; g tex-1), finura (FIN; índice de micronaire), índice de hilabilidad (HI; %), índice de fibras cortas (SFI; %), reflectancia (RD; %) y contenido de amarillo +b (PLUS_B). Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones y 15 plantas por repetición. Se realizó un análisis de varianza a cada variable; cuando se detectaron diferencias estadísticas entre genotipos ($p \leq 0.05$), se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$). Para el análisis de varianza, se aplicó el siguiente modelo:

Resultados y discusión

El análisis de varianza detectó significancia ($p \leq 0.05$) entre genotipos para las siete variables de calidad de fibra. Los coeficientes de variación (C.V.) oscilaron entre 0.1967 y 1.66 %. Al respecto, Patel *et al*. (2001)

señalan que el C.V. varía de acuerdo con el tipo de experimento. Para evaluaciones de cultivares, los valores de C.V. aceptables varían entre 6 y 8 %.

La comparación de medias indica que TOA-17, FZ-13 CLON, GOS-17, FZ-17 y PI-589 mostraron una finura muy gruesa de acuerdo con la clasificación del HVI. Por el contrario, NAZAS-87B mostró el valor más bajo, ubicándose en la clasificación como fino. La Norma Mexicana NMX-A-051-SCFI-2000 (DOF, 2000) establece que la finura ideal es de 3.7 a 4.2 micronaire, siendo TOA-06, GOS-22 y FZ-13 CHAMPION las que están dentro de este parámetro (Cuadro 1). Respecto a la longitud, GOS-17, GOS-21, GOS-27, TOA-06, TOA-11, TOA-17, TOA-18, NAZAS SELECTA, CIAN PRECOZ y CIAN-95 tuvieron los valores más altos y se encuentran dentro de la categoría de Fibra Extra Larga (>1.21 mm de pulgadas), por lo que pueden ser utilizados para la producción de hilos muy finos. FZ-15 presentó el valor más bajo con 0.86 mm de pulgadas.

Cuadro 1. Comparación de calidad de fibra de 28 genotipos de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y el testigo comercial DeltaPine®, Matamoros, Coahuila, México.

Genotipo	FIN	LON	RES	HI	SFI	RD	PLUS_B
TOA-03	4.34 o	1.10 k	31.3 h	138 k	8.69 g	79.5 j	8 q
TOA-04	4.51 lm	1.06 lm	27.3 j	125 l	8.63 g	78.2 l	8.3 n
TOA-06	4.09 p	1.25 cd	33.4 bg	173 bcd	6.86 q	80 i	7.4 u
TOA-11	4.70 jk	1.30 j	33.2 cg	139 k	8.1 l	78.7 k	8.3 n
TOA-12	4.45 n	1.04 n	29 i	122 l	9.57 e	79.1 jk	8.2 o
TOA-17	6.51 a	1.25 de	34.6 ab	175 bc	6.51 s	76.5 n	10.7 a
TOA-18	6.11 c	1.25 cd	32.97 dg	169 cde	7.45 mn	77.7 m	10.07 d
TOA-27	4.74 ij	1.09 k	29.7 i	136 k	7.74 k	77.6 m	8.5 l
GOS-17	6.13 c	1.40 a	32.45 fgh	178 ab	5.81 u	80.6 h	9.05 i
GOS-21	4.75 i	1.30 b	34.7 a	160 ghi	7.26 op	71.6 q	8.2 o
GOS-22	3.87 r	1.05 mn	22.5 m	99 m	14.93 b	84.2 b	7.9 r
GOS-27	4.78 hi	1.25 cd	33.2 cg	168 def	7.89 j	83.2 cd	7.7 s
FZ-10	4.46 n	1.19 gh	32.6 fg	162 fgh	6.59 rs	80 i	7.9 r
FZ-13 CHAMPION	3.97 q	1.23 e	34.7 a	171 cde	7.49 lm	83.4 c	8.1 p
FZ13 CLON	6.29 b	1.19 gh	33.3 cg	170 cde	6.61 rs	78 lm	10.4 c
FZ-15	5.40 d	0.86 p	24.9 l	76 n	16.29 a	70.4 r	10.6 b
PI-589	5.31 e	0.91 o	25.7 kl	98 m	10.55 d	76 o	8.4 m
P1-583 CHAPIS	4.82 h	0.92 o	26.2 jk	98 m	12.71 c	73.7 p	9.6 f
PI-201584	4.44 n	1.07 l	33.6 a-f	147 j	7.62 kl	84.2 b	7.5 t
P1-873	4.36 o	1.11 k	34.4 abc	154 i	7.33 no	80.2 hi	7.9 r
P1-528748	4.90 g	1.1 k	29 i	137 k	7.18 p	82 f	8.2 o
US-023	4.55 l	1.05 mn	33.3 cg	136 k	8.18 l	76.9 n	8.7 k
NAZAS SELECTA	4.48 mn	1.21 f	32.3 hg	157 hi	7.51 lm	82.8 de	8.8 j
NAZAS-87ª	4.45 n	1.18 h	32.9 df	155 i	8.37 h	82.5 e	9 i
NAZAS-87B	3.52 s	1.19 g	33.6 af	158 hi	9.41 f	84.7 a	8.5 l
CIAN PRECOZ	4.47 mn	1.21 f	34.1 ae	162 fgh	8.22 i	83.4 c	8.5 l
JUÁREZ	4.47 mn	1.17 i	34.2 ad	157 hi	7.9 j	82.8 de	9.8 g
CIAN-95	4.67 k	1.3 b	32.7 fg	182 a	6.73 qr	81.5 g	9.2 h
DELTAPINE®	5.01 f	1.16 i	33.6 af	166 efg	6.26 t	81.1 g	9.3 g
DSH	0.0437	0.0159	1.29	6.44	0.141	0.4975	0.0605
RMSE	0.0002	0.00003	0.165	4.12	0.002	0.0246	0.0004
SE	0.7167	0.1255	3.33	27.28	2.43	3.68	0.9142

abc: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes (p ≤ 0.05). DSH: diferencia significativa honesta; SE: error estándar; RMSE: error cuadrático medio; FIN: finura (índice de micronaire); LON: longitud de fibra (mm); RES: resistencia (g tex-1); HI: índice de hilabilidad (%); SFI: índice de fibras cortas (%); RD: reflectancia (%); PLUS_B: contenido de amarillo (+b).

De los genotipos evaluados, 21 tuvieron una resistencia muy alta (> 31 g tex-1). Mientras que GOS-22 y FZ-15 presentaron resistencia baja, el resto tuvo una resistencia alta. Gourlot *et al*., (2020) señala que,

para los hilanderos, la finura es crucial para predecir la capacidad de hilado del algodón. La longitud y la finura influyen en la resistencia del hilo, mientras que la resistencia y la longitud influyen en el procesamiento textil, afectando la calidad del hilo (Yang *et al*., 2016).

FZ-15 fue el de mayor índice de fibras cortas (SFI) con 16.29 % y GOS-17 el de menor SFI (5.81 %). Entre más automatizada sea la cosecha, más se daña la fibra; por lo tanto, la fibra es más corta. Para el sistema de clasificación HVI, el color se cuantifica como el grado de reflectancia (Rd) y amarillez (+b). Los genotipos NAZAS-87B (84.7 %) y PI-201584 (84.2 %) mostraron valores Rd más altos, mientras que para amarillez fueron TOA-17 y FZ-15. Por el contrario, FZ-15 presentó el valor más bajo para Rd, con 70.4 %, y TOA-06 para amarillez. Por lo que las fibras de color blanco cremoso son de mayor calidad en comparación con las opacas, grises o amarillentas, pero la aplicación de reguladores de crecimiento, las heladas y sequías aumentan el amarillo (+b) de la fibra debido a la maduración prematura de la fibra (Zhu *et al*., 2024).

Conclusiones

TOA-17, TOA-18, GOS-17, GOS-27 y FZ-13 CLON presentaron características similares al testigo comercial (DeltaPine®) para finura, longitud, resistencia y color (blanco) que la industria textil requiere; estos genotipos podrían ser utilizados como fuente de germoplasma para la generación de nuevas variedades e híbridos comerciales.

Referencias bibliográficas

Diario Oficial de la Federación. 2000. NORMA Oficial Mexicana NMX-A-051-SCFI-2000. Productos agrícolas no industrializados para uso industrial -algodón para hilar- (*Gossypium* spp.), especificaciones (cancela a la NMX-A-051-1964). Gobierno de México. Secretaría de Economía. Ciudad de México, México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5659174&fecha=26/07/2022#gsc.tab=0 (Retrieved: November 2019).

Gourlot JP, Drieling A, Qaud M, Gordon S, Knowlton J, Matusiak M, Van der Sluijs M, Martin V, Froese K, Delhom C, 2020. Interpretation and use of SITC measured characteristics. ICAC Task Force on Commercial Standardization of Instrument Testing of Cotton (CSITC) and by ITMF International Committee on Cotton Testing Methods (ICCTM), 75 p.

Patel JK, Patel NM, Shiyani RL. 2001. Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof-an empirical study. Current Science 81 (9): 1163–1164. https://www.semanticscholar.org/paper/Coefficient-of-variation-in-field-experiments-and-Cv/2e12ac240249178564338c173fb608b592fe44e9?utm_source=direct_link&sort=relevance&queryString=Coefficient%20of%20variation%20in%20field%20experiments%20and%20yardstick%20thereof-an%20empirical%20study

Pinnamaneni SR, Anapalli SS, Sui R, Bellaloui N, Reddy K. 2021. Effects of irrigation and planting geometry on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber quality and seed composition. Journal of Cotton Research 4 (2): 2–11. https://doi.org/10.1186/s42397-020-00078-w

SAS, Analítica, Inteligencia Artificial y Gestión de Datos. 2011. SAS/STAT 9.4. User's guide. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.8640

Yang H, Zhang D, Li X, Li H, Zhang D, Lan H, Wood AJ, Wang J. 2016. Overexpression of ScALDH21 gene in cotton improves drought tolerance and growth in greenhouse and field conditions. Molecular Breeding 36 (34). https://doi.org/10.1007/s11032-015-0422-2

Yehia WMB, El-Hashash EF. 2022. Estimates of genetic parameters for cotton yield, its components, and fiber quality traits based on line x tester mating design and principal component analysis. Egyptian Journal of Agricultural Research 100 (3): 302—315. https://doi.org/10.21608/ejar.2022.134192.1228

Zhu H, Hu W, Li Y, Zou J, He J, Wang Y, Meng Y, Chen B, Zhao W, Wang S, Zhou Z. 2024. Drought decreases cotton fiber strength by altering sucrose flow route. Journal of Experimental Botany. 75 (11): 3579–3595. https://doi:org/10.1093/jxb/erae108. PMID: 38469756.

POTENCIAL GENÉTICO DE HÍBRIDOS SIMPLES DE MAÍZ EN DOS AMBIENTES DEL NORTE TAMAULIPAS

Rosendo Hernández-Martínez[1]*, César Augusto Reyes-Méndez[2], Miguel Angel Valdez-Hernández[2], Mauricio Martínez-Velázquez[3], Santiago Ruíz-Ramirez[4]

[1]INIFAP-CIRNE-C.E. Las Huastecas, [2]INIFAP-CIRNE-C.E. Río Bravo, [3]INIFAP-CIRNE-C.E. San Luis, [4]INIFAP-CIRPAC-C.E. Centro Altos de Jalisco.
*Autor para correspondencia: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Híbridos simples, rendimiento, maíz.

Introducción

En México en 2024 se sembraron 6.5 millones de hectáreas de maíz, con una producción de 18.2 millones de toneladas y un rendimiento medio de 3.6 t ha^{-1}. México es centro de origen del maíz, sin embargo, durante la última década México ha registrado un saldo deficitario en el comercio exterior de maíz. Entre los ciclos comerciales 2018-2019 y 2022-2023 las importaciones mantuvieron una tendencia creciente, con una tasa promedio anual de 8.8 %, al pasar de 17.3 a 18.9 millones de toneladas, donde el 96.20 % del volumen importado fue maíz amarillo y el resto de grano de blanco. En Tamaulipas, la siembra de maíz en 2024 fue de 114,808.9 hectáreas con un promedio de 5.16 t ha^{-1} (SIAP 2025), aun cuando el estado es uno de los principales productores de maíz en México, la superficie de siembra en los ultimos años ha disminuido, debido, a varios factores como sequía, alto costo de insumos agrícolas, alto valor de la semilla, así mismo, la falta de opciones de nuevos genotipos de maíz, de los cuales, deben ser competentes con los híbridos ya posicionados en el mercado. En ese contexto, los programas de mejoramiento de maíz del INIFAP tienen como producto final el establecer y evaluar genotipos con la finalidad de seleccionar materiales con alto potencial genético con base a diferentes parámetros de rendimiento. Por lo tanto, el programa de Maíz del Campo Experimental Río Bravo, ubicado en la región Norte de Tamaulipas, desarrolla líneas y realiza cruzamientos para la obtención de genotipos con buenos atributos agronómicos, lo anterior, tiene como finalidad de brindar a los productores una amplica gama de semillas híbrida de grano blanco y amarillo para uso comercial en sus predios. El objetivo de este estudio fue evaluar los parametros de rendimiento en híbridos simples de maíz de grano blanco en el estado de Tamaulipas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos ambientes de la region norte de Tamaulipas, el primero fue con un productor cooperante del municipio de Díaz Ordaz y el segundo predio fue dentro del Campo Experimental Río Bravo. Se evaluaron un total de 49 genotipos, en ese sentido, los hibridos simples experimentales fueron codificados del GEN1 al GEN 44, originados dentro del programa de Mejoramiento de Maíz del Campo Experimental Río Bravo (CERIB), INIFAP, ademas se utilizaron cinco híbridos comerciales como testigos H-440 (CERIB-INIFAP), P3051W, P3057W (ambos de CORTEVA AGRISCIENCE), NB722 (NOVASEM) y AG2525W (ANZU SEED).

En el ambiente de Díaz Ordaz, la siembra se realizo el 04 de febrero, por otro lado, la siembra de Río Bravo, fue el 20 de febrero. Ambos ensayos fueron en condiciones de riego en el ciclo agricola otoño - invierno (O-I) del 2022-2023. El manejo agronomico de ambos lotes fue con base al paquete tecnológico del CERIB-INIFAP (INIFAP, 2017). En ambas localidades los experimentos fueron en un diseño experimental de lattice 7×7 con tres repeticiones; la parcela experimental consistió en un surco de 5.0 m de longitud a una distancia entre surcos de 0.8 m y a una distancia entre plantas de 0.20 m con una densidad de población de 62,500 plantas ha^{-1}. La unidad experimental útil al momento de la cosecha fueron 20 plantas con competencia completa. Se estimaron las variables de rendimiento de grano (REND) en kg ha^{-1}, floración masculina y femenina en días (DFM y DFF).

Con los datos obtenidos en el estudio se realizó un análisis de varianza combinado a través de localidades y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico de SAS® versión 9.4.

Resultados y discusión

La diversidad genética de los genotipos evaluados mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en todas las variables de estudio con relación a la fuente de variación de los ambientes y los genotipos (Cuado 1). Los constrastes en los ambientes se les atribuye a las condiciones climaticas y edaficas de cada regíon, sin

embargo, las diferencias notables de los genotipos en su comportamiento agronómico, son el resultado del trabajo de la mejora genética de los progenitores, así mismo, de la selección realizado por programa de mejoramiento genetico de maíz CERIB-INIFAP en varios años de estudios. Al respecto Cervantes-Ortiz *et al*. (2018), mencionan que es necesario ampliar la base genética en todo programa de mejoramiento genético, así mismo, evaluar sus combinaciones híbridas. La interacción de genotipo por ambiente (G×A) no mostró diferencias en las variables, indicando que los híbridos simples se comportaron y adaptaron similarmente en REND, DFM, DFF, en ambos ambientes de evaluación. En cuanto a la media general del ensayo fue de 7515.15 kg ha^{-1}, superior a la media nacional (3,600 kg ha^{-1}) y del estado de tamaulipas (5,160 kg ha^{-1}) (SIAP, 2025). Lo anterior, se deduce que existen materiales experimentales compententes, por lo tanto, puede ser aprovechado por el productor de la región norte de Tamaulipas.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza en 49 híbridos de maíz blanco en dos ambientes de Tamaulipas, en el ciclo agrícola O-I 2022-2023.

F.V.	G. L.	REND	DFM	DFF
Ambientes (A)	1	39251414.2**	8959.6**	9070.3**
Reps/A	4	3156137.4	3.2	5.7
Subl/Reps × A	30	1143400.0	1.3	1.7
Genotipos (G)	48	3470324.6**	30.2**	37.3**
G×A	42	2225290.1	3.1	1.3
Error		1794609.2	2.2	3.2
C.V. (%)		17.8	2.0	2.3
Media		7515.5	73.7	75.2

*, **: diferentes a $p \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente. FV: fuentes de variación, GL: grados de libertad, REND: rendimiento de grano, DFM: días a floración masculina, DFF: días a floración femenina, Reps/A: repeticiones dentro de ambiente, Subl/Reps × A: subbloques dentro de repeticiones por ambiente, G×A: interacción genotipo por ambiente, C.V: coeficiente de variación en porcentaje.

En cuanto a las pruebas de media (Cuadro 2) el rendimiento fue de 5034.67 a 9184.00 kg ha^{-1}. Al respecto, los híbridos experimentales (GEN 34, GEN 15, GEN 16 y GEN 24) fueron superiores a los testigos P3051W, H-440, P3057W, NB722, AG2525W, estos materiales son de uso comerciales en la región. La diferencia entre el mejor híbrido experimental en comparación al mejor testigo fue 814.83 kg ha-^{1}, sin embargo, al comparar el GEN 34 con relación al testigo del CERIB-INIFAP existio una diferencia de 4,149.67 kg^{-1}, lo cual, nos indica que existen híbridos que son competentes en rendimiento en la región norte de Tamaulipas. En cuanto a las variables de días a floración masculina y femenina (DFM, DFF), se identificaron materiales de ciclo precoz, intermedio y tardío. Al respecto, el H-440 del INIFAP presentó 66 DFM y 66.83 DFF, clasificándose como material precoz. Por otro lado, el GEN 15, GEN34 y GEN24 fueron los híbridos con mayor cantidad de días a floración, lo que indica que son de ciclo tardío. Los estudios concuerdan con lo reportado por Hernández-Casillas & Esquivel-Esquivel (2004), al encontrar germoplasma de maíz del valle de México floraciones que oscilaron de 72 a 78 DFM y 73 a 79 DFF. La prueba de media demuestra que existe variabilidad genética entre los híbridos, estos resultados facilitan la identificación de líneas tanto de ciclo corto para el aprovechamiento rápido del productor, como de ciclo largo para maximizar el potencial productivo bajo condiciones favorables. Además, la inclusión de testigos comerciales en la evaluación refuerza la relevancia de los resultados, pues permite comparar directamente el desempeño de los nuevos materiales frente a opciones ya establecidas en el mercado local.

Conclusiones

Los híbridos experimentales GEN 34, GEN 15, GEN 16 y GEN 24 fueron superiores en rendimiento de grano a todos los testigos de la región. En cuanto a DFM y DFF existieron materiales de ciclo precoz, intermedio y tardío.

Agradecimientos

Al CERIB-INIFAP y trabajadores de campo.

Cuadro 2. Medias de 20 híbridos con mayor y menor rendimiento de maíz blanco en dos ambientes de Tamaulipas, en el ciclo agrícola O-I 2022-2023.

	Híbridos con mayor rendimiento		
HÍBRIDOS	**REND**	**DFM**	**DFF**
GEN34	9184.00 a	75.33 a-g	77.00 a-e
GEN15	8656.33 a	76.50 abc	78.16 abc
GEN16	8443.17 a	72.00 g-m	74.16 c-i
GEN24	8435.33 a	75.33 a-g	76.83 a-f
GEN49[&]	8369.17 a	74.16 b-j	75.16 a-i
GEN14	8304.00 a	73.83 b-k	74.66 b-i
GEN11	8239.33 a	73.00 d-k	74.00 c-j
GEN47[&]	8219.67 a	72.16 f-m	72.83 e-k
GEN32	8212.00 a	72.66 e-l	74.33 b-i
GEN46[&]	8204.17 ab	69.00 mn	69.66 kl
	Híbridos con mayor rendimiento		
GEN43	6859.67 ab	74.33 b-i	76.66 a-g
GEN37	6754.00 ab	75.33 a-g	77.83 a-d
GEN8	6745.00 ab	71.00 i-m	72.66 f-k
GEN41	6705.67 ab	74.50 b-h	76.16 a-h
GEN6	6687.33 ab	72.66 e-l	73.66 d-k
GEN21	6679.17 ab	73.83 b-k	75.50 a-i
GEN39	6590.00 ab	74.83 a-g	76.66 a-g
GEN36	6413.50 ab	73.66 b-k	75.83 a-i
GEN20	6408.83 ab	74.00 b-j	76.00 a-h
GEN45*	5034.67 ab	66.00 n	67.00 l
DHS	3141.30	3.49	4.21

REND: rendimiento de grano, DFM: días a floración masculina, DFF: días a floración femenina, *= Testigo CERIB-INIFAP; &= Testigo regional.

Fuente financiadora
Fondos fiscales del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Cervantes-Ortiz, F., Hernández-Esparza, J., García-Rodríguez, J. G., Rangel-Lucio, J. A., Andrio-Enríquez, E., Mendoza-Elos, M., ... & Rodríguez-Mercado, D. (2018). Aptitud combinatoria general y específica de caracteres agronómicos en líneas de maíz (Zea mays L.) de baja endogamia. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, *34*(1), 33-42.

Hernández-Casillas, J. M., & Esquivel-Esquivel, G. (2004). Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *27*(Especial_1), 27-27.

INIFAP. (2017). Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas. Pág. 267-268. Disponilbe: https://www.researchgate.net/profile/Julio-Garcia-Rodriguez-2/publication/325034209_Agenda_Tecnica_Agricola_Tamaulipas/links/5af26901a6fdcc24364f14c8/Agenda-Tecnica-Agricola-Tamaulipas.pdf

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (Junio 2025).

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE NUEVAS VARIEDADES DE JAMAICA CULTIVADAS EN GUERRERO

Rafael Ariza-Flores[1]*, Ivana Alejandra Aguirre-Alarcón[2], Salma Gonzalez-Gallardo[2], Mairel Valle-de la Paz[2], Luis Antonio Gálvez-Marroquín[3]

[1]Unidad Regional del CIRPAS, INIFAP; [2]Escuela Superior de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Guerrero; [3]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca.
*Autor para correspondencia: ariza.rafael@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Hibiscus sabdariffa*, antioxidantes, composición proximal.

Introducción

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) se clasifica dentro de la familia de las Malvaceas y se cultiva principalmente para aprovechar sus cálices, ya que a partir de ellos se obtienen extractos concentrados, utilizados predominantemente para la preparación de bebidas. Estos cálices constituyen una fuente rica en compuesto orgánicos como antocianinas, ácidos orgánicos y polisacáridos, lo que les confiere un notable potencial para aplicaciones terapéuticas en la medicina moderna (Riaz y Chopra, 2018).

La jamaica es un cultivo de gran importancia económica y social para los productores del estado de Guerrero. De acuerdo con datos estadísticos del SIAP (2023), este estado ocupa el primer lugar a nivel nacional en producción de jamaica, con una superficie productiva de 13,794 hectáreas y un rendimiento promedio de 0.41 toneladas de cálices secos por hectárea. Esto representa una producción total de 5,419 toneladas obtenida en mayor medida por las variedades Criolla Guerrero y Sudán. Los municipios que destacan por su aportación en función de la superficie sembrada son Ayutla de los Libres, Tecoanapa, Acapulco de Guerrero y San Luis Acatlán, los cuales contribuyen con el 80 % de la producción estatal.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) generó las variedades Tecoanapa, Patriota, Estrella Costeña, Quinba RTC y Quinba PV, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la zona productora de jamaica en Guerrero, con rendimientos de cálices deshidratados de 800 hasta 1,100 kg por hectárea. No obstante, existe un conocimiento limitado sobre la composición nutricional de los cálices de estas variedades, para su mayor aprovechamiento por parte de los productores de Guerrero. Por tal motivo, el presente estudio consistió caracterizar nutricionalmente a estas variedades de jamaica del INIFAP, cultivadas en la región productora de la Costa de Oaxaca.

Materiales y métodos

Las variedades de jamaica del presente estudio fueron Patriota y Tecoanapa de cálices de color rojo, Estrella Costeña, de color purpura y Quinba RTC y PV de color claro. Los cálices fueron cosechados en una parcela de jamaica ubicado en la localidad de Tecoanapa en 2020. El estudio se realizó en el laboratorio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Autónoma del Estado de Morelos.

La cosecha de los cálices frescos se realizó al azar y por cada variedad se obtuvieron 500 g en peso freso de cálices con un total de seis repeticiones de cada variedad. Inmediatamente después de la cosecha, las muestras fueron sometidas en un horno de convección durante 48 h a 60°C para alcanzar una humedad del 12 y 14 %. Posteriormente, éstas fueron molidas para obtener la harina de los cálices de jamaica.

El extracto acuoso, se preparó con 0.1 g de harina de los cálices secos de la jamaica de cada variedad y 12 mL de agua desionizada. La muestra fue sometida a homogeneización mediante un homogeneizador Ultra-Turrax (IKA®) a 12 revoluciones por 20 segundos. Posteriormente, la muestra fue vertida en un vaso precipitado con papel filtro para obtener el extracto.

Se determinó el pH, solidos solubles totales (°Brix), acidez titulable, carbohidratos, proteínas y cenizas, fenoles totales, antocianinas, flavonoides, actividad antioxidante por los métodos de FRAP y ABTS.

El diseño experimental fue completamente al azar con seis repeticiones. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba e Tukey ($p<0.05$). Los datos fueron analizados en el programa estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2023).

Resultados y discusión

La composición proximal de los cálices de las cinco variedades de jamaica cultivadas en Guerrero presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), como se muestra en el Cuadro 1. Los cálices de la variedad Patriota presentaron el mayor contenido de ceniza (9.96 %); mientras que, Quinba RTC, Estrella Costeña, Quinba PV, presentaron los valores más bajos (9.76, 8.23 y 7.57 %, respectivamente). En tanto que, el

contenido de proteína fue más alto en los cálices de la variedad Estrella Costeña (7.62 mg g^{-1} p.s.), seguidos de las otras variedades de estudio. En carbohidratos totales, Quinba RTC presentó el mayor contenido (38.64 mg $_{EG}$ 100 g^{-1} p.s.), que fue solamente superior a la variedad Patriota (29.05 mg $_{EG}$ 100 g^{-1} p.s.).

Cuadro 1. Composición proximal de cinco variedades de jamaica cultivadas en Guerrero.

Variedad	Cenizas	Proteína	Carbohidratos totales
Patriota	9.96a	6.57b	29.05b
Tecoanapa	9.80b	6.54b	30.86ab
Quinba RTC	9.76c	6.89b	38.64a
Estrella Costeña	8.23c	7.62a	36.69ab
Quinba PV	7.57c	6.72b	31.01ab

Los valores son las medias de tres repeticiones. Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, p<0.05). CEN=Cenizas (%), PROT=Proteínas (mg g^{-1} p.s.), CT=Carbohidratos totales (mg $_{EG}$ 100 g^{-1} p.s.).

Se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en el contenido de grados Brix, pH y acidez titulable del extracto acuoso obtenido de las cinco variedades de jamaica cultivadas en Guerrero (Cuadro 2). Los sólidos solubles totales fueron mayores en la variedad Quinba RTC (0.60 % Brix), mientras la de menor contenido fue Teconapa (0.40 % Brix). El pH fue más alto en los extractos de cálices de las variedades Estrella Costeña y Patriota, que superaron significativamente a Quinba RTC, Quinba PV y Tecoanapa. La acidez titulable fue más alta en los cálices de Quinba RTC (23.67 %) y Patriota el más bajo (14.66 %).

Cuadro 2. Grados Brix, pH y acidez titulable en extracto acuoso de cinco variedades de jamaica cultivadas en Guerrero.

Variedad	Brix (%)	pH	Acidez titulable (%)
Patriota	0.52b	2.78a	14.66b
Tecoanapa	0.40c	2.64b	17.44ab
Quinba RTC	0.60a	2.66b	23.67a
Estrella Costeña	0.57ab	2.91a	18.80ab
Quinba PV	0.57ab	2.56b	19.31ab

Los valores son las medias de tres repeticiones. Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, p<0.05). pH=Potencial de hidrógenos, AT=Acidez titulable (%, ácido cítrico).

Se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en el contenido de compuestos bioactivos y en la actividad antioxidante del extracto acuoso de las cinco variedades de jamaica cultivadas en Guerrero; sin embargo, no se detectaron diferencias significativas en el contenido de flavonoides (Cuadro 3). El contenido de antocianinas totales fue mayor en la variedad Patriota (132.59 mg $_{C3G}$ 100 g^{-1} p.s.), ya que fue superior estadísticamente a Tecoanapa y Quinba PV (109.64 y 10.16 mg $_{C3G}$ 100 g^{-1} p.s., respectivamente). El contenido de fenoles totales fue más alto en los cálices de Estrella Costeña y Quinba PV (1092.74 y 1051.19 mg $_{EAG}$ 100g^{-1} p.s., respectivamente) y los valores más bajos en las variedades Tecoanapa y Patriota (623.94 y 679.90 mg $_{EAG}$ 100g^{-1} p.s., respectivamente). En flavonoides no hubo diferencia significativa, los valores oscilaron entre 2.0 y 2.59 mg$_{EQ}$ 100 g^{-1} p.s. En cuanto a actividad antioxidante por el método de FRAP, Estrella Costeña presentó el mayor valor con 218.19 mg$_{EAA}$100 g^{-1} p.s., mientras Quinba PV, el promedio más bajo con 293.11 mg$_{EAA}$100 g^{-1} p.s.. De manera similar, al aplicar el método ABTS, Estrella Costeña presentó nuevamente la mayor actividad antioxidante promedio (680.88 mg$_{EAA}$100 g^{-1} p.s.), mientras, Quinba PV mostró el valor más bajo (293.11 mg$_{EAA}$100 g^{-1} p.s.).

Cuadro 3. Contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante en extracto acuoso de cinco variedades de jamaica cultivadas en Guerrero.

Variedad	FT	ANTO	FLAV	FRAP	ABTS
Patriota	679.90c	132.59a	2.052	204.46b	430.51b
Tecoanapa	623.94c	109.64b	2.086	170.70bc	381.44bc
Quinba R-TC	977.96b	128.55ab	2.007	206.20b	430.33b
Estrella Costeña	1092.74a	113.56ab	2.594	218.19a	680.88a
Quinba PV	1051.19a	10.16c	2.180	133.86c	293.11c

Los valores son las medias de tres repeticiones. Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p<0.05$). FT=Fenoles totales (mg $_{EAG}$ 100g^{-1} p.s.), ANTO=Antocianinas totales (mg $_{C3G}$ 100 g^{-1} p.s.), FLAV=Flavonoides (mg_{EQ} 100 g^{-1} p.s), FRAP=capacidad antioxidante por el método de FRAP (mg_{EAA}100 g^{-1} p.s.), ABTS=capacidad antioxidante por el método de ABTS (mg_{EAA}100 g^{-1} p.s.).

Conclusiones

La jamaica variedad Estrella Costeña de cálices de color púrpura mostró la mejor calidad en proteína y contenido de nutracéuticos. Mientras que, las variedades de Patriota y Tecoanapa son de color rojo intenso y son demandados por los consumidores. Las variedades Quinba RTC y Quinba PV requieren más difusión con los consumidores por sus cualidades de calidad y nutracéuticas.

Referencias bibliográficas

Association of Official Analytical Chemists, International (AOAC). (1980). Official Methods of Analysis of AOAC. Washington, D. C. USA.

Riaz, G. and Chopra, R. (2018). A review on phytochemistry and therapeutic uses of *Hibiscus sabdariffa* L. Biomed. *Pharmacother,* 102(6),575-586.

SAS Institute Inc. (2023). Guía del usuario de SAS/STAT® 15.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Servicio Información Agropecuaria y Pesquera, SIAP (2022). Anuario Estadístico de la Producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/.

GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES DE *Agave* DEL ESTADO DE OAXACA

William Zárate-Martínez[1], Karina Móreno-León[2*], José Luis Arispe-Vázquez[3], José Francisco Díaz-Nájera[4], Bulmaro Méndez-Argüello[5]

[1]C.E. Saltillo, INIFAP; [2]REFIZA-UAAAN; [3] C.E. Iguala, INIFAP; [4]CSAEGRO; [5]FMEA-UNACH.
*Autor para correspondencia: morenoiap.anirak@gmail.com

Palabras clave: Porcentaje de germinación, tiempo promedio de germinación, velocidad de germinación.

Introducción

Las plantas del genero *Agave* (Asparagaceae) alcanzan la madurez sexual a partir de los seis hasta los 25 años dependiendo de la especie (Lira *et al*., 2009). Es una planta monocárpica, florece una sola vez, es una estrategia vital caracterizada por un episodio reproductivo a lo largo de su vida; la planta muere después de emitir su escapo floral y fructificar (Aragón, 2014). México es considerado el centro de origen y de diversificación de este género (Colunga-GarcíaMarín *et al*., 2007). En el estado de Oaxaca, existe la mayor diversidad de agaves de México, hay 38 especies, de las cuales 13 son endémicas. De las 38 especies presentes en Oaxaca, 10 son utilizadas de manera tradicional para la obtención de algún tipo de bebida destilada, sin embargo, para la elaboración de mezcal regularmente se emplean solamente ocho (García-Mendoza, 2018). Las especies con mayor demanda para la elaboración de mezcal son: *Agave angustifolia* Haw. (cultivada), *Agave rhodacantha* Trel. (semi-cultivada), *Agave potatorum* Zucc. (semi-cultivada), *Agave seemanniana* Jacobi (silvestre), *Agave marmorata* Roezl (silvestre), *Agave karwinskii* Zucc (silvestre), *Agave americana* L. var. *americana* (semi-cultivada) y *Agave americana* L. var. *Oaxacensis* Gentry (silvestre) (García-Mendoza,2010). El aumento en el consumo de mezcal ha generado una mayor demanda de *Agave*, así como un déficit de materia prima y una fuerte presión ambiental (Martínez-Jiménez *et al*., 2019). Generar información sobre las características morfológicas de las semillas de *Agave* se ha vuelto necesario para contribuir a la conservación de las especies, por lo tanto, se planteó el siguiente trabajo de investigación con el objetivo de caracterizar morfológicamente y determinar variables germinativas de semillas de cuatro especies de *Agave*.

Materiales y métodos

En octubre de 2019 se recolectaron cápsulas maduras de *Agave* en el municipio de Ejutla de Crespo del estado de Oaxaca, México. El municipio se encuentra a una altitud de 1,466 m s.n.m., con temperatura promedio de 20°C y con una precipitación de 650 mm.

La recolección de las cápsulas con semillas se hizo en forma manual directamente de la inflorescencia de la planta. Las cápsulas se expusieron al aire libre durante cinco días, posteriormente se abrieron para extraer las semillas y se conservaron a temperatura ambiente en bolsas de papel estraza, de acuerdo con lo reportado por Sánchez-Salas *et al*. (2012). Las semillas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1,5 % de cloro (Cl) durante 10 minutos.

Se determinó el peso de semilla (PS) con una balanza analítica de precisión OHAUS, modelo H-5276. Se cuantificó el peso de 120 semillas. Se determinaron los siguientes caracteres cuantitativos: largo de semilla (LS), ancho de semilla (AS) y grosor de semilla (GS) con un vernier digital marca Steren® expresado en mm. Se calculó el número de semillas que hay en un kg (NS kg-1) utilizando la siguiente ecuación: $NK\ Kg^{-1} = \frac{1000000(mg)}{PIS(mg)}$ dónde, PIS es el peso individual de semillas.

La germinación se realizó en cajas Petri, las semillas se colocaron sobre papel filtro humedecido con agua destilada, se mantuvieron por un periodo de 17 días en completa obscuridad a temperatura ambiente (24 a 26 °C). Se colocaron 25 semillas por repetición y se evaluaron cuatro variables de germinación: a) inicio de la germinación (IG), b) tiempo promedio de germinación (T), c) porcentaje de germinación (% G) y d) velocidad de germinación (M). Las observaciones se realizaron cada 24 h según lo propuesto por Sánchez-Salas *et al*. (2006). El (IG) fue el momento en que la primera semilla de la unidad experimental germinó. El (T) se calculó utilizando la siguiente ecuación: $T = \frac{\sum(n_i t_i)}{\sum n_i}$ dónde: $n_i$es el número de semillas germinadas el día *i*, t_i es el número de días después de la siembra (González-Zertuche y Orozco-Segovia, 1996). El (%G) se calculó utilizando la siguiente ecuación: $\%G = \frac{NSG}{NTS}\ X\ 100$ dónde: NSG es el número de semillas germinadas, NTS es el número total de semillas. La (M) se calculó utilizando la siguiente ecuación: $M =$

$\sum(\frac{n_i}{t})$ dónde: ni = número de semillas germinadas el día i, t = tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla según Sánchez-Salas *et al*. (2017).
El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (especies de *Agave*) y cuatro repeticiones. Los datos se presentaron en valores medios se analizaron estadísticamente con el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al*., 2011). Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por el método Tukey (p<0,001).

Resultados y discusión
Se encontraron diferencias estadísticas para las cuatro variables morfológicas evaluadas (Cuadro 1). Las semillas de *A. potatorum y A. rhodacantha* fueron las de mayor peso con 7.5 y 7.1 mg respectivamente. Por el contrario, hay más semillas de *A. convallis* y *A. marmorata* en un kilogramo con 323,733 y 302,049 semillas respectivamente. Con respecto a las dimensiones, *A. rhodacantha* presentó las semillas con el mayor largo, ancho y grosor con 9.3, 6.7 y 1.3 mm respectivamente, las semillas más pequeñas fueron de *A. convallis* ya que presentaron valores de 4.3, 3.2 y 0.6 correspondiente a largo, ancho y grosor respectivamente.

Cuadro 1. Características morfológicas de semillas de *Agave*.

Nombre científico	Peso de una semilla (mg)	Semillas por kg	Largo (mm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)
A. rhodacantha	7.1^{a}	141,169^{b}	9.3^{a}	6.7^{a}	1.3^{a}
A. potatorum	7.5^{a}	134,104^{b}	7.3^{b}	5.0^{b}	1.0^{ab}
A. marmorata	3.3^{b}	302,049^{a}	7.0^{b}	5.3^{b}	0.9^{ab}
A. convallis	3.1^{b}	323,733^{a}	4.3^{c}	3.2^{c}	0.6^{b}

Diferentes letras dentro de las columnas indican diferencias estadísticas (Tukey; P <0,001).

En un estudio que realizaron Ortiz-Hernández *et al*. (2018) en el estado de Oaxaca, México, reportaron que las semillas de *A. potatorum* registraron un peso individual entre 7 a 11 g con un largo de 7 a 7,8 mm, lo cual, concuerda con los resultados de este trabajo. El grosor de la semilla es importante en especies de ambientes áridos y semiáridos, a mayor grosor, mayor tejido fotosintético que proporcionará un crecimiento acelerado principalmente en las fases juveniles y, por lo tanto, mayor probabilidad del establecimiento en campo (Meyery Carlson, 2001).
El tamaño de las semillas ha sido reportado como un factor que influye en la capacidad y velocidad de germinación a nivel inter e intra especie (Sánchez-Salas *et al*., 2015). Ayala-Cordero *et al*. (2004), afirman que el tamaño de la semilla juega un papel importante en los procesos de germinación. Las semillas de mayor tamaño, presentan altos porcentajes de germinación.
La variable *IG* presentó diferencias estadísticas, las semillas de *A. rhodacantha* y *A. potatorum* tardarón 7.5 días para iniciar a germinar. La variable *T* no presentó diferencia estadística ya que el tiempo promedio de la germinación fue entre 10.3 y 12.9 días. El *%G* presentó diferencia estadística, las semillas de *A. convallis* presentaron el mayor % de germinación con 95%, por el contrario, las semillas de *A. rhodacantha* solo presentaron el 15% de germinación. La variable *M* presentó diferencia estadística y las semillas de *A. convallis* y *A. marmorata* presentaron la mayor velocidad de germinación con valores de 0.751 y 0.629 semillas día^{-1} (Cuadro 2).

Cuadro 2. Pruebas de germinación de semillas de *Agave*.

Nombre científico	IG (Días)	T (Días)	%G	M (semillas día^{-1})
A. rhodacantha	7.5^{a}	12.6^{a}	15.0^{b}	0.125^{b}
A. potatorum	7.5^{a}	12.9^{a}	40.0^{ab}	0.167^{b}
A. marmorata	3.0^{b}	10.3^{a}	55.0^{ab}	0.629^{a}
A. convallis	4.0^{b}	10.8^{a}	95.0^{a}	0.751^{a}

Diferentes letras dentro de las columnas indican diferencias estadísticas (Tukey; P <0,001). *IG* = inicio de la germinación; *T* = tiempo promedio de germinación, *%G* = porcentaje de germinación y *M* = velocidad de germinación.

Langlé-Argüello *et al*. (2017), encontraron que las semillas de *A. potatorum* poseen entre 82 y 88 % de germinación, lo cual no coincide con lo encontrado en este estudio ya que se encontró 40% de germinación en las semillas de *A. potatorum*. La capacidad de una semilla para generar plántulas completas se determina mediante la prueba de germinación (Vadillo *et al*., 2004). Las semillas de mayor tamaño, presentan altos porcentajes de germinación, incluso al doble (Tenorio-Galindo *et al*., 2008). Lo anterior, no coincide con los resultados de este estudio ya que las semillas de *A. rhodacantha* y *A. potatorum* fueron las de mayor tamaño, por el contrario, fueron las que menor %G presentaron y también fueron las semillas que presentaron mayor velocidad de germinación (M).

Conclusiones

La germinación de las semillas es una característica que demuestra la capacidad adaptiva de las semillas, la cual es variada. Existe relación entre algunas características morfológicas de las semillas con algunas variables germinativas, menor tamaño de semilla mayor porcentaje de germinación. Por lo tanto, el presente estudio aporta información sobre características morfológicas y de respuestas fisiológicas de las semillas de *Agave*.

Agradecimientos

Agradecemos a los productores que facilitaron el ingreso a sus parcelas.

Fuente financiadora

PRODETER EJUTLA.

Referencias bibliográficas

Aragón, C.F. 2014. Evolución de las estrategias vitales en plantas: desde Cole hasta la actual ecología de especies invasoras. Ecosistemas, 23(3): 6-12.

Colunga-GarcíaMarín, P.; Zizumbo-Villarreal, D.; Martínez-Torres, J.; 2007. Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a su protección legal y conservación biológica y cultural. En: Colunga, G.M.P.; Larqué, S.A.; Eguiarte, L.E.; Zizumbo, V.D. (Eds.). En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. CICY-CONACYT-CONABIO-INE. México. pp229-248.

García-Mendoza, A.J. 2010. Revisión taxonómica del complejo *Agave potatorum* Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. Acta Botánica Mexicana. 91: 71-93.

García-Mendoza, A.J. 2018. Mapa de Agave: Mezcales y biodiversidad. Boletín UNAM-DGCS-045.Ciudad Universitaria. Disponible en: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018_045.html8.

Martínez-Jiménez R.; Ruiz-Vega, J.; Caballero, C.M.; Silva, R.M.E. y Montes, B.J.L. 2019. Agaves silvestres y cultivados empleados en la elaboración de mezcal en Sola de Vega, Oaxaca, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22: 477-485.

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES Y COMERCIALES DE MAÍZ DE GRANO BLANCO Y AMARILLO EN NUEVO LEÓN

Rosendo Hernández-Martínez[1]*; Juan Martínez-Medina[2]; Alejandro Ledesma-Miramontes[3]; César Augusto Reyes-Méndez[4]

[1]C.E. Las Huastecas, INIFAP, [2]C.E. General Terán, INIFAP, [3]C.E. Centro-Altos de Jalisco, [4]C.E. Río Bravo, INIFAP.
Autor para correspondencia: hernandez.rosendo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz, genotipos, rendimiento.

Introducción

Durante el periodo 2010-2020 la producción nacional promedio de maíz fue de 26.3 millones de t, mientras que el consumo fue aproximadamente de 36 millones de t; lo que indica que se importó un volumen importante, principalmente de maíz amarillo; lo anterior es producto de los rendimientos bajos que se ha obtenido en ese periodo, que fue de 3.5 t ha^{-1}, lo que es consecuencia de diversos problemas presentados en el país (SIAP, 2025). Dentro de las estrategias para elevar la productividad del maíz se encuentran los programas de mejoramiento genético del INIFAP a través de sus diferentes Campos Experimentales (C. E.) presentes en México, lo anterior, tiene como finalidad de generar nuevas variedades e híbridos, debido a que la semilla mejorada es un insumo estratégico que aporta entre el 50 y 60 % de la producción, pues en ella a través del proceso de selección se incorporan varios caracteres que reflejan en su potencial genético, entre las que destacan, la tolerancia a factores bióticos y abióticos (Duvick, 2005). En este contexto, el INIFAP desarrolla trabajos para generar nuevos genotipos de maíz en la zona subtropical y subtropical bajo; por lo anterior, el objetivo de estudio fue evaluar híbridos experimentales provenientes de cruzas simples e híbridos comerciales de grano blanco y amarillo en el estado de Nuevo León.

Materiales y métodos

En General Terán, en la localidad Ramírez, N. L., se estableció un ensayo compuesto por 27 materiales genéticos de maíz de grano blanco y amarillo correspondientes a 17 híbridos experimentales de cruzas simples (9 blancos y 8 amarillos) originados dentro del programa de maíz del C. E. Río Bravo y 10 híbridos comerciales utilizados como testigos, estos materiales provienen de diferentes empresas privadas (3 blancos y 7 amarillos). La siembra se realizó el 29 de marzo de 2024, en un diseño experimental de BCA, con tres repeticiones; la unidad experimental fue de un surco de 5 m de longitud, a 0.8 m de separación, depositando las semillas de cada material en forma manual. Durante el ciclo del cultivo se realizaron actividades de manejo agronómico: riegos de auxilio, fertilización, escarda, control de maleza y plagas. Se tomaron datos de días a floración masculina y femenina (DFM, DFF), altura de la planta y altura de la mazorca en cm (AP, AM), el peso de grano (RG en kg ha^{-1}) se obtuvo de las mazorcas cosechadas en cada parcela, ajustado al 12 % de humedad y corregido mediante la fórmula de Iowa, procediendo a su estimación en rendimiento en kg ha^{-1}. Se realizó el análisis de varianza con el software InfoStat, y en caso de significancia estadística, se realizó la comparación de medias a través de Tukey ($p \leq 0.05$), con excepción de altura de la mazorca, en donde la prueba no tuvo la capacidad de detectar la diferencia, por lo que se utilizó el método de Duncan ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 1), los genotipos resultaron ser diferentes ($p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$) para el rendimiento de grano (RG), días a floración masculina y femenina (DFM y DFF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM). Al respecto Hernández *et al*. (2024), mencionan que las diferencias observadas en los genotipos evaluados se deben a carga genética heredado por sus progenitores, lo cual, se vio reflejado en la expresión fenotípica de cada uno de las combinaciones híbridas. En este estudio el coeficiente oscilo de 1.55 en DFM y 16.41 para RG, lo cual, nos indica la confiabilidad de la toma de datos del experimento. En el Cuadro 2 se consignan los valores promedio para cada una de las variables, donde se observan a tres híbridos experimentales, los cuales resultaron numéricamente superiores, correspondiendo a las cruzas 17x3A, (grano amarillo), 2xT42 y 6xT42 (grano blanco) con rendimiento de 4,877, 4,871 y 4,826 kg ha^{-1}, respectivamente; estadísticamente, el rendimiento más bajo fue para el híbrido comercial NK307, con 1,791 kg ha^{-1}. El rendimiento de grano promedio general fue de 4,051 kg ha^{-1}, con

una diferencia de 3,086 kg ha^{-1} entre el híbrido experimental más rendidor (17x3A) y el genotipo comercial NK307. Por otro lado, casi el 30 % de los materiales genéticos con más de 4,500 kg ha^{-1} correspondieron a 8 cruzas experimentales; sin embargo, el promedio de rendimiento de todas las cruzas involucradas en el ensayo, fue de 4,292 kg ha^{-1}, en comparación con el mostrado por los 10 híbridos comerciales (3,641 kg ha^{-1}), lo que indica que las cruzas fueron superiores en 651 kg ha^{-1}, lo que corresponde a un aumento del 15.2 %. Por otro lado, de entre las 17 cruzas el diferencial entre el rendimiento más alto y el inferior fue de 1,346 kg ha^{-1}, pues la cruza 5xT42 tuvo el valor más bajo; entre los 10 híbridos comerciales, la brecha fue de 2,709 kg ha^{-1}, ya que el ADV9139 mostró 4,500 kg ha^{-1} contra los 1,791 kg ha^{-1} del híbrido NK307.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para 27 materiales genéticos de maíz de grano blanco y amarillo, en rendimiento de grano y variables agronómicas en la localidad de Ramírez, General Terán, N.L.

FV	GL	RG	DFM	DFF	AP	AM
Tratamiento.	26	1400545.21*	12.39**	11.63**	266.07**	97.06*
Repetición.	2	554239.79	3.2	2.42	341.49*	170.6*
Error	52	442087.37	1.03	1.82	87.58	51.76
C.V (%)		16.41	1.55	2.02	5.12	7.17

FV: fuentes de variación, C.V: Coeficiente de variación, GL: grados de libertad, RG: rendimiento de grano, DFM: días a floración masculina, DFF: días a floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca. *, **: significancia a p≤0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro 2. Valores medios de 27 materiales genéticos de maíz de grano blanco y amarillo, de rendimiento de grano (kg/ha) y características agronómicas. Ramírez, General Terán, N.L.

Genotipo	RG	DFM	DFF	AP	AM
17 x 3A	4877 a	63.7 ef	66.3 b-g	189.3 a-c	107.7 a-c
2 x T42	4871 a	66.0 c-e	66.7 b-g	197.2 a	107.8 a-c
6 x T42	4826 a	67.0 b-d	68.0 a-e	185.3 a-c	105.8 a-d
20 x 3A	4695 a	65.0 c-f	65.7 b-g	180.0 a-c	94.6 c-e
34 x 33	4694 a	64.0 d-f	64.3 e-g	188.7 a-c	92.8 de
19 x 3A	4689 a	63.7 ef	64.7 d-g	176.9 a-c	97.3 a-e
1 x T42	4648 a	66.3 c-e	67.3 a-f	194.4 ab	109.3 ab
23 x 1A	4519 a	66.7 c-e	68.0 a-e	188.3 a-c	104.3 a-d
ADV9139	4500 a	67.3 bc	67.3 a-f	160.7 c	94.6 c-e
9 x T42	4330 a	66.0 c-e	68.7 a-d	187.3 a-c	100.4 a-e
H443A	4306 a	64.7 c-f	65.3 c-g	178.1 a-c	101.2 a-e
22 x 1A	4266 a	67.3 bc	68.3 a-e	175.3 a-c	101.7 a-e
ADV9278	4258 a	70.0 a	71.0 a	182.0 a-c	99.0 a-e
Kayak	4092 a	70.7 a	69.7 ab	177.1 a-c	97.7 a-e
11 x 3A	4029 a	62.33 f	63.7 f-g	191.7 ab	110.3 a
10 x T42	3995 a	64.7 c.f	67.0 a-f	194.3 ab	103.6 a-e
NB940	3933 a	66.7 c-e	67.0 a-f	188.7 a-c	103.4 a-e
NK881W	3877 ab	63.7 ef	64.3 e-g	178.5 a-c	95.6 b-e
27 x 37	3856 ab	63.3 f	62.7 g	172.9 a-c	104.1 a-e
26 x 1A	3793 ab	66.7 c-e	69.3 a-c	173.7 a-c	95.1 b-e
30 x 32	3771 ab	65.0 c-f	65.3 c-g	197.4 a	97.2 a-e
27 x 31	3577 ab	64.7 c-f	66.0 b-g	167.2 b-c	91.4 de
5 x T42	3531 ab	64.0 d-f	66.7 b-g	194.4 ab	107.5 a-c
NK925W	3317 ab	66.3 c-e	67.0 a-f	174.9 a-c	89.7 e
QSeed 01	3239 ab	65.3 c-f	66.7 b-g	173.9 a-c	95.3 b-e
P3092	3099 ab	66.0 c-e	67.3 a-f	185.5 a-c	100.4 a-e
NK307	1791 b	62.7 f	63.7 f-g	183.9 a-c	102.1 a-e

RG: rendimiento de grano, DFM: días a floración masculina, DFF: días a floración femenina, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca.

En cuanto a las variables agronómicos de DFM oscilaron de 62.7 a 70.7 días, así mismo, para DFF fue de 62.7 a 71.0 días. Con relación a altura de planta se observaron de 160.7 a 197.4 cm, de igual modo en altura de mazorca fue de 89.7 a 107.8. Estos resultados confirman amplia diversidad genética en los

híbridos evaluados, además con características agronómicas competentes para ser liberado para su uso comercial.

Es pertinente destacar que en la etapa reproductiva se presentaron temperaturas superiores a 40°C, ocurridas durante 37 días, del 8 de mayo (41.9 °C) al 17 de junio (41.1 °C), particularmente durante el periodo de floración; las temperaturas más altas con 45.1 °C, 44.8 °C y 44.7 °C, fueron el 24, 25 y 26 de mayo; además se presentó déficit en la fuente de agua durante la etapa del desarrollo del grano, propiciando estrés por humedad. Se espera en condiciones normales, que los materiales evaluados, en función de su carga genética, podrían alcanzar entre 7,000 a 8,000 kg ha^{-1}, o más. No obstante, el ambiente en que se desarrollaron los genotipos permitió identificar híbridos experimentales superiores a los híbridos comerciales, sobresaliendo las cruzas 17x3A de color de grano amarillo, 2xT42 y 6xT42 que tienen grano de color amarillo, las cuales fueron muy superiores al híbrido comercial NK307 (Figura 1); lo anterior es indicativo que los híbridos experimentales son competitivos con respecto a los materiales comerciales.



Figura 1. Mazorcas representativas de dos híbridos experimentales y del híbrido comercial que mostró el menor rendimiento de grano, localidad Ramírez, General Terán, N. L.

Conclusiones

Se identificaron tres híbridos experimentales que superaron en rendimiento de grano a todos los híbridos comerciales, las cuales fueron 17x3A de color de grano amarillo, 2xT42 y 6xT42 de color de grano blanco; el primer genotipo fue superior en 3,086 kg ha^{-1} de rendimiento, con respecto al híbrido comercial NK307. Existe amplia diversidad genética en cuanto a RG, DFM, DFF, AP y AM en los híbridos evaluados. En promedio, los híbridos experimentales tuvieron un rendimiento más alto con respecto a la media de los híbridos comerciales. El rendimiento fue afectado por las condiciones de estrés ambiental que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, principalmente por temperaturas altas, siendo los más afectados cuatro de los materiales comerciales evaluados.

Agradecimientos

Al C. E. General Terán del INIFAP y a los investigadores del programa de maíz del C. E. Las Huastecas y C.E. Centro-Altos de Jalisco.

Fuente financiadora

El INIFAP a través del Proyecto fiscal 1565935830 “Formación de híbridos de maíz de grano blanco, amarillo y pigmentados para el subtrópico de México, con alto potencial de rendimiento de grano y/o forraje, tolerantes a pudriciones de raíz, tallo y mazorca, y con calidad industrial del grano”.

Referencias bibliográficas.

Duvick, D. N. (2005). The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays* L.). Advances in Agronomy. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)86002-X

Hernández Martínez, R., Santacruz Varela, A., Reyes Méndez, C.A., López Sánchez, H., Lobato Ortiz, R., Castillo González, F. (2024). Development of single-cross maize hybrids with different parent selection strategies. Revista Bio Ciencias, 11, e1607

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https:// nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (Junio 2025).

INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE Y ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE *Chenopodium quinoa* WILLD. EN LOS VALLES ALTOS

Miriam Gabriela Valverde-Ramos[1], Ignacio Benítez-Riquelme[1], Eduardo Espitia-Rangel[2]*, Alejandrina Robledo-Paz[1], José Apolinar Mejía-Contreras[1], Ángel Mauricio Mujica Sánchez[3]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C. P. 56230. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Coatlinchán, Texcoco Edo. de México, México, C.P. 56250. [3] Universidad Nacional del Altiplano. Av. Floral 1153, Puno 21001, Perú.
*Autor para correspondencia: espitia.eduardo1957@gmail.com

Palabras clave: *Chenopodium quinoa*, Interacción genotipo x ambiente, estabilidad, adaptabilidad.

Introducción

En México, la agricultura enfrenta retos crecientes por el cambio climático y los escases de recursos, lo que impulsa la búsqueda de cultivos alternativos, La quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) destaca por su valor nutricional y su capacidad de adaptarse a condiciones adversas (Bazile *et al.*, 2016; Jacobsen, 2003). Sin embargo, su cultivo aún es incipiente y carece de variedades adaptadas localmente (Espitia *et al*.,2019). Identificar genotipos estables y adaptables frente a la variabilidad ambiental es clave para consolidarla como opción productiva y sostenible en el país (Vázquez-Carrillo *et al*., 2018). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la interacción genotipo x ambiente y determinar la estabilidad de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) evaluados en 15 ambientes de los valles altos del centro de México.

Materiales y métodos

Se evaluaron 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) de diversos orígenes (México, Perú, Ecuador y Japón), con características variables de fruto y grano. Los ensayos se realizaron en 15 ambientes de temporal generados por la combinación de tres localidades (Nanacamilpa (2829 msnm), Santa Lucia (2250 msnm), y Temamatla (2277 msnm)) en diferentes años (2018 a 2022), con tipo de suelo Franco – Arenoso y precipitaciones que van de los 225 a los 394 mm por ciclo. El diseño experimental fue de bloques completos azar con tres repeticiones, con parcelas conformadas por tres surcos de 5 m de longitud y 0.8 m de separación entre surcos. El rendimiento de grano (kg ha^{-1}) se determinó en 3 m del surco central, y se extrapoló a una hectárea. Se construyó un índice ambiental para analizar la interacción genotipo x ambiente (G×A). El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el modelo AMMI (Análisis de componentes principales) y el análisis de estabilidad de Eberhart y Russell, utilizando el software GEA-R. Estas metodologías permitieron identificar genotipos con estabilidad y adaptabilidad para los valles altos del centro de México.

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra las pendientes (*bi*) con el modelo de regresión de Eberhart y Russell. Los genotipos Suyana (*bi*= 1.95), Tunkahuan (*bi*= 1.74) y Huauzontle (*bi*= 1.41) destacaron por su respuesta positiva en ambientes favorables. Este patrón también fue observado por Garrido *et al.* (2013), quienes documentaron un mejor comportamiento del rendimiento en ambientes favorables y uno menor en ambientes restrictivos. Pata de Venado (bi= 1.25) y Tokio Rosa (bi= 1.20) presentan un comportamiento similar, aunque con menor sensibilidad que los genotipos anteriores, lo cual sugiere in buen potencial en ambientes moderadamente favorables. Tarpuna (bi= 1.11), Blanca Ayacucho (*bi*= 1.19) y Roja Ku (*bi*=1.13) estos genotipos son especialmente recomendables para regiones donde las condiciones ambientales son variables, ya que su comportamiento es relativamente estable sin importar el nivel de productividad del ambiente.
Por otro lado, Pasankalla Reventona (*bi* = 0.47), Pasankalla Plomo (*bi*= 0.47) y Choclo (*bi*= 0.49) son los más estables bajo condiciones limitantes, aunque su capacidad de respuesta en ambientes favorables es baja. Quinua Negra (*bi*= 0.61) y Marangani (*bi*= 0.66) también se incluye en este grupo, con rendimientos moderadamente bajos pero consistentes, lo cual los hacen adecuados para regiones con limitaciones edáficas o climáticas.

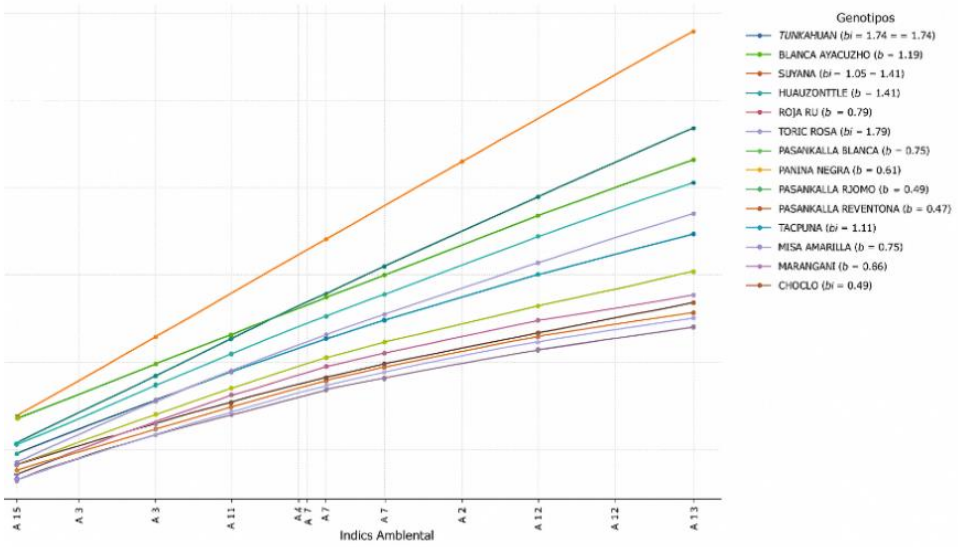


Figura 1. Interacción genotipo x ambiente en función del índice ambiental y pendiente de (*bi*) para de 16 genotipos de quinua evaluados en 15 ambientes. P V 2018 – 2022.

El AMMI Biplot (Figura 2) confirmó que los genotipos Tunkahuan (2), Tarpuna (6) y Suyana (8) sobresalieron en rendimiento. El genotipo Suyana mostró una alta interacción (GxA), con adaptabilidad específica adecuada solo para ciertos ambientes. Los genotipos más estables, y por lo tanto más recomendables para su cultivo en múltiples entornos, fueron los genotipos 3 (Tokio rosa), 6 (Tarpuna), 11 (Roja ku), 13 (Pasankalla lila) y 14 (Quinoa negra). De ellos, el genotipo Tokio rosa se destacó como el más estable, con un rendimiento intermedio consistente. El genotipo Tarpuna combinó estabilidad con un alto rendimiento, lo cual lo hace especialmente recomendable para su producción. Este hallazgo se alinea con lo reportado por Bertero *et al*. (2004), quienes encontraron que los genotipos con madurez media y alto índice de cosecha muestra una adaptación amplia, lo cual también se reflejó en el presente estudio mediante su desempeño estable en múltiples ambientes.

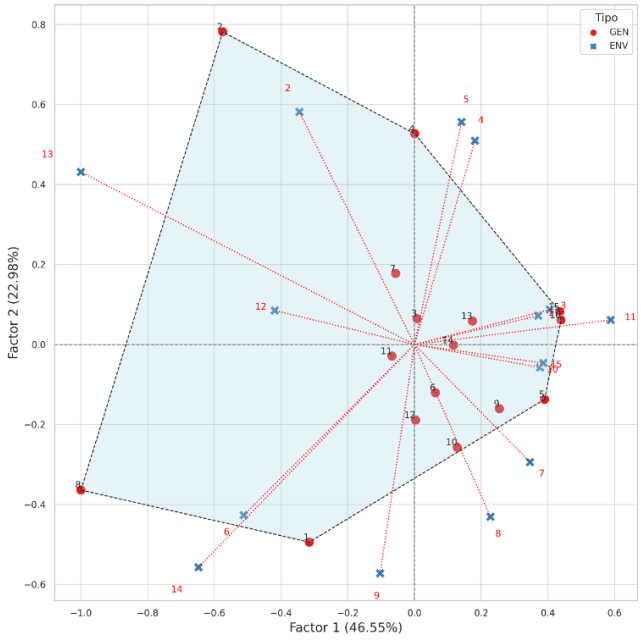


Figura 2. Ammi Biplot de 16 genotipos de quinua evaluados en 15 ambientes. P V 2018 – 2022.

En cuanto a los ambientes evaluados, aquellos con vectores más largos dentro del Biplot demostraron una mayor capacidad para discriminar entre genotipos, permitiendo una mejor diferenciación del comportamiento de cada uno. Asimismo, se observaron interacciones positivas entre determinados genotipos y ambientes, lo cual indica que ciertos genotipos tienen una respuesta favorable y especifica en condiciones ambientales particulares. Brindando información valiosa para la selección de materiales genéticos según los objetivos de producción y las condiciones ambientales predominantes en cada región. Los resultados del presente estudio, mediante los modelos AMMI Biplot y Eberhart y Russell, coincide con los diversos trabajos que han resaltado la complejidad de la interacción GxA de este cultivo y su impacto en la selección varietal (Bertero *et al*., 2004; Garrido *et al* 2013)

Específicamente, se identificaron los genotipos más adaptables en cada ambiente. En el ambiente 1 (Nanacamilpa 2018-SF), el genotipo más adecuado fue el 15 (Pasankalla reventona), en el ambiente 2 (Nanacamilpa 2018-CF), los genotipos 2 (Tunkahuan) y 7 (Pata de venado), en el ambiente 3 (Nanacamilpa 2019-SF), los genotipos 13 (Pasankalla lila) y 15 (Pasankalla reventona), en el ambiente 4 (Nanacamilpa 2019-CF), el genotipo 3 (Tokio rosa), y en el ambiente 5 (Santa Lucia 2019-SF), los genotipos 3 (Tokio rosa) y 4 (Blanca Ayacucho). Para el ambiente 6 (Santa Lucia 2019-CF), se destacó el genotipo 11 (Roja ku), mientras que en el ambiente 7 (Santa Lucia 2019-2da SF) fue el genotipo 9 (Misa amarilla). En el ambiente 8 (Santa Lucia 2020 1er CF), los más adaptables fueron los genotipos 6 (Tarpuna) y 10 (Marangani), en el ambiente 9 (Santa Lucia 2020-1erSF), el genotipo 12 (Rojita); y en el ambiente 10 (Santa Lucia 2021- CF), los genotipos 5 (Choclo) y 14 (Quinoa negra). En los ambientes 11 (Santa Lucia 2021-SF) y 12 (Nanacamilpa 2020-CF) se adaptaron mejor los genotipos 16 (Pasankalla plomo) y 8 (Suyana), respectivamente. Finalmente, en los ambientes 13 (Santa Lucia 2022-1erSF), 14 (Santa Lucia 2022-2erSF) y 15 (Temamatla 2022), los genotipos más destacados fueron el 2 (Tunkahuan), 1 (Huauzontle) y 14 (Quinoa negra), respectivamente. El uso complementario de AMMI Biplot y Eberhart y Russell han demostrado ser una estrategia robusta para la selección de genotipos con estabilidad general o especifica. Tal como lo señala Romão *et al.* (2019), la estabilidad de modelos predictivos mejora la capacidad de interpretación de la interacción G^{x}A, permitiendo seleccionar materiales genéticos adecuados para programas de mejoramiento con enfoques tanto amplio como local.

Conclusiones

El uso combinado de los modelos AMMI Biplot y Eberhart y Russell permitió identificar genotipos de quinua con niveles de estabilidad y adaptabilidad en los valles altos del centro de México. Los genotipos Suyana, Tunkahuan y Huauzontle mostraron alta adaptabilidad específica a ambientes favorables, siendo adecuados para condiciones óptimas de cultivo. Mientras que Tarpuna, Blanca Ayacucho y Tokio Rosa presentaron un comportamiento estable a través de diferentes condiciones ambientales, los que los hace más versátiles para ambientes variables. Los genotipos Pasankalla Reventona, Pasankalla Plomo y Choclo destacaron por su estabilidad en ambientes restrictivos, lo que los convierte en opciones viables para zonas con limitaciones edafoclimáticas. El genotipo Tokio Rosa se consolidó como el más estable con rendimiento intermedio constante, mientras que Tarpuna combinó rendimiento alto y estabilidad, siendo altamente recomendados. Este estudio proporciona una base sólida para el aprovechamiento del germoplasma de quinua en México, orientando la selección de genotipos adecuados tanto para condiciones favorables como restrictivas, y contribuyendo al establecimiento de estrategias más resilientes y sostenibles.

Referencias bibliográficas

Eberhart, S. A., & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, **6**(1), 36–40. https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

Bertero, H. D., de la Vega, A. J., Correa, G., Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2004). Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. *Field Crops Research, 89*(2-3), 299–318. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.02.006

Garrido, M., Silva, P., Silva, H., Muñoz, R., Baginsky, C., & Acevedo, E. (2013). Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. *IDESIA (Chile), 31*(2), 69–76.

Romão, R. F., Nuvunga, J. J., Silva, C. P., Oliveira, L. A., Mendes, C. T. E., & Balestre, M. (2019). Predictive ability of AMMI and factorial analytical models in the study of unbalanced multi-environment data. *Genetics and Molecular Research, 18*(3), gmr18176. https://doi.org/10.4238/gmr18176

SHINYGxE: ALTERNATIVA INTUITIVA PARA ANÁLISIS DE RELACIÓN GENOTIPO AMBIENTE

Marco Aurelio Aragón-Magadán*[1], Carlos Hugo Avendaño-Arrazate[1], Francisco Fabian Calvillo-Aguilar[1], Carlos Iván Cruz-Cárdenas[1], Luis Felipe Guzmán[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro Nacional de Recursos Genéticos. Rancho las Cruces, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, CP 46700.
*Autor para correspondencia: aragon.marco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Genotipo-ambiente, mejoramiento genético, evaluación de cultivares.

Introducción

El análisis de la interacción genotipo por ambiente (G×E) es fundamental en estudios de mejoramiento genético, ya que permite evaluar el comportamiento de distintos genotipos bajo condiciones ambientales variables. Este tipo de análisis busca identificar genotipos estables y de alto rendimiento, así como comprender cómo el ambiente influye en la expresión de características fenotípicas. Dentro de las herramientas disponibles para su cálculo destaca el paquete estadístico statgenGxE (Malosetti *et al*., 2013), que ofrece herramientas robustas y visualizaciones interactivas para explorar la estabilidad, adaptabilidad y desempeño relativo de los genotipos a través de diferentes ambientes.

El paquete statgenGxE integra métodos clásicos como el Análisis de Componentes Principales (PCA), el modelo AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction), análisis GGE biplot (Genotype + Genotype-by-Environment) y modelos lineales mixtos, lo que lo convierte en una solución integral para quienes trabajan con datos multientorno. Sin embargo, su ejecución en R puede resultar intimidante si no se cuenta con la formación específica en análisis estadístico o programación, limitando así el acceso a estas herramientas.

En este contexto, el desarrollo de aplicaciones interactivas mediante Shiny (Chang *et al*., 2025), una extensión de R representa una alternativa accesible y altamente funcional. Shiny permite transformar análisis complejos en interfaces gráficas intuitivas, donde el usuario puede cargar sus datos, seleccionar métodos y visualizar resultados sin necesidad de escribir una sola línea de código. Esta democratización del análisis de datos ofrece un puente entre la potencia de R y la necesidad de accesibilidad por parte de usuarios no especializados, por este motivo, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una plataforma interactiva e intuitiva para el análisis de la interacción genotipo ambiente en Shiny R.

Materiales y métodos

Se utilizó R versión 4.5.0 junto con el paquete statgenGxE para el desarrollo del código base. Con el fin de evaluar su precisión y repetibilidad, se emplearon datos de interacción genotipo-ambiente de clones de cacao de México (Avendaño-Arrazate *et al*., 2025). Los resultados obtenidos fueron comparados con los publicados por los mismos autores.

Posteriormente, el código base fue adaptado a una aplicación interactiva mediante Shiny versión 1.10.0, estructurándose en los siguientes módulos:

Módulo de carga de datos: Permite al usuario seleccionar fácilmente su matriz de datos mediante un solo clic (Figura 1). El sistema acepta archivos en formato CSV (separados por comas) y TSV (separados por tabulación), ambos formatos estándar compatibles con R.

Módulo de gráficas exploratorias: Genera automáticamente representaciones gráficas de los datos proporcionados. En estos gráficos, el eje X representa los clones o cultivares evaluados y el eje Y las distintas variables agronómicas. No es necesario que el usuario especifique manualmente qué columnas analizar; el programa detecta automáticamente las variables numéricas.

Módulo de análisis Finlay-Wilkinson: Evalúa el efecto del ambiente sobre el desempeño de los genotipos mediante regresión de las medias de cada genotipo respecto a una medida del ambiente. El análisis se realiza para cada variable agronómica incluida en la matriz, generando las gráficas correspondientes y un resumen estadístico de los resultados.

Módulo de estabilidad: Calcula coeficientes de estabilidad para cada clon o cultivar. También incluye un Cuadro resumen con los valores estadísticos del 10% superior de genotipos, mostrando la media de superioridad, la estabilidad estática y el coeficiente de ecovalencia de Wricke.

Módulo de varianza-covarianza: Representa gráficamente las correlaciones entre las variables agronómicas y los distintos ambientes analizados.

Módulo de análisis de componentes principales (PCA): Ejecuta un PCA para todas las variables incluidas en el análisis y presenta un Cuadro resumen con los resultados estadísticos más relevantes.
Las pruebas de rendimiento y funcionalidad se realizaron en una computadora ThinkPad con procesador Ryzen 7 Pro y 8 GB de memoria RAM. Este equipo fue seleccionado intencionalmente por su uso generalizado entre usuarios con requerimientos estándar, con el objetivo de demostrar que el programa puede ejecutarse de forma fluida sin necesidad de contar con hardware de alto rendimiento.

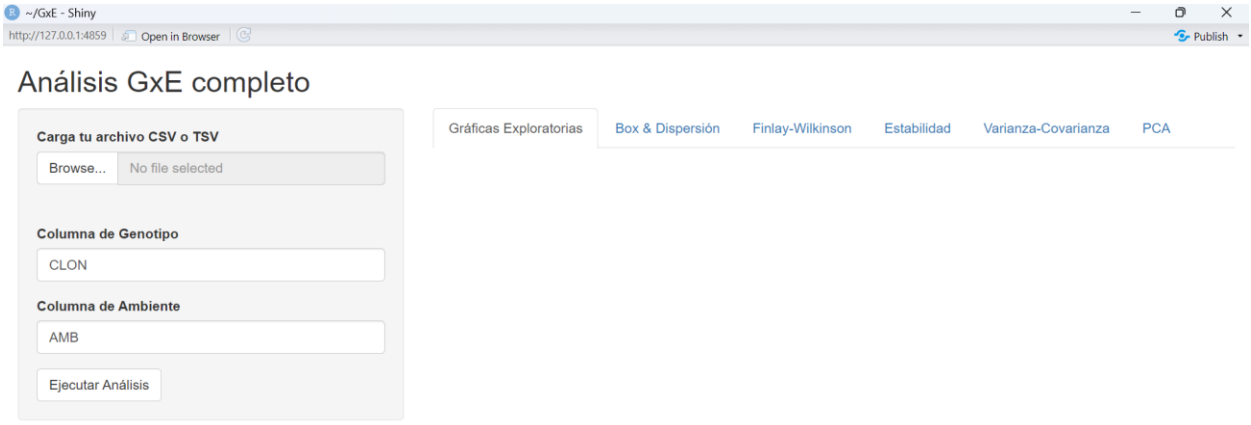


Figura 1. Modulo inicial de ShinyGxE. El usuario simplemente tiene que cargar su matriz de datos y presionar el botón “Ejecutar análisis”.

Resultados y discusión

El código base desarrollado para el análisis de la interacción genotipo-ambiente arrojó resultados consistentes con los reportados por Avendaño-Arrazate *et al*. (2025), lo que demuestra la repetibilidad y coherencia del enfoque implementado. Al ser adaptado a un módulo interactivo en Shiny, no se observaron discrepancias entre los resultados obtenidos en la versión original de R y los generados a través de la interfaz gráfica.
En cuanto a la ejecución del programa en Shiny, las pruebas de rendimiento y estabilidad no evidenciaron errores ni cierres inesperados (Figura 2). Además, fue posible ejecutar de forma fluida el análisis completo utilizando los datos reales empleados por Avendaño-Arrazate, sin afectar el rendimiento del equipo. Estos resultados subrayan la accesibilidad, portabilidad y eficiencia de la aplicación, permitiendo su implementación en una amplia variedad de dispositivos y contextos operativos sin comprometer su funcionalidad.
Una de las principales ventajas de utilizar Shiny para el desarrollo de este tipo de aplicaciones es su portabilidad para el usuario final. La aplicación no requiere instalación adicional más allá de los paquetes necesarios de R, lo que permite que el usuario simplemente copie el proyecto en un dispositivo de almacenamiento y lo ejecute directamente en su equipo. Esta característica facilita su distribución, uso en distintos entornos y despliegue sin necesidad de permisos administrativos o conFiguraciones especiales.
Además, al estar desarrollada completamente en R y Shiny, la aplicación no está limitada a un sistema operativo específico. Puede ejecutarse de manera indistinta en Windows, macOS o Linux, siempre que esté instalada una versión funcional de R con soporte para Shiny. Esto la convierte en una solución multiplataforma, accesible y flexible, a diferencia de otras aplicaciones que dependen del sistema operativo para su funcionamiento.

Conclusiones

Fue posible generar una aplicación accesible para el análisis de la interacción genotipo por ambiente, al integrar la robustez estadística del paquete statgenGxE con la simplicidad e interactividad de la plataforma Shiny. Su desarrollo permitió traducir procesos complejos en una interfaz intuitiva, eliminando la necesidad de conocimientos avanzados en programación o estadística. La validación con datos reales demostró su precisión, estabilidad y portabilidad, reafirmando su potencial como una alternativa multiplataforma eficiente y práctica para la evaluación de genotipos en ambientes variables.



Figura 2. Ejemplo de ejecución del módulo de gráficas exploratorias. El programa no manifiesta errores.

Agradecimientos y fuente financiadora
Al Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP, por el equipo de cómputo y las facilidades ofrecidas para realizar este trabajo.

Referencias bibliográficas

Avendaño-Arrazate, C. H., Martínez-Bolaños, M., Reyes-Reyes, A. L., Aragón-Magadán, M. A., Reyes-López, D., & López-Morales, F. (2025). Genotype-environment interaction of genotypes of cocoa in Mexico. Scientific Reports, 15(1), 15399. https://doi.org/10.1038/s41598-025-00162-8

Chang, W., Cheng, J., Allaire, J. J., Sievert, C., Schloerke, B., Xie, Y., Allen, J., McPherson, J., Dipert, A., & Borges, B. (2025). shiny: Web Application Framework for R. https://github.com/rstudio/shiny

Malosetti, M., Ribaut, J.-M., & van Eeuwijk, F. A. (2013). The statistical analysis of multi-environment data: Modeling genotype-by-environment interaction and its genetic basis. Frontiers in Physiology, 4. https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00044

EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO EN LA ZONA CENTRO DEL ESTADO DE COLIMA

Jeovani Francisco Cervantes-Preciado1*, Marianguadalupe Hernández-Arenas[2], Paulo Alejandro Alcaraz Tapia[3], Maurilio Mendoza–Mexicano[4]

[1]Campo Experimental Tecomán, CIRPAC- INIFAP, [2]Campo Experimental Zacatepec, CIRPAS- INIFAP, [3]Ingenio Quesería SA. de CV. Beta San Miguel, [4]Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz, CIRGOC-INIFAP.
*Autor para correspondencia: cervantes.jeovani@inifap.gob.mx

Palabras claves: Agrícola, sacarosa, rendimiento, variedades.

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es una gramínea que se produce en más de 130 países, entre los que sobresalen Brasil (30% de la producción), India (21%), China (7%), Tailandia (4%), Pakistán (4%), México (3.5%), Colombia (3%), Australia (3%), Estados Unidos de América (2%) e Indonesia (2%) (Sentíes-Herrera y Gómez-Merino, 2014), siendo así, la fuente principal de azúcar para los países en desarrollo. México ocupa el sexto lugar en producción de caña de azúcar con un promedio de 54 millones de toneladas y se cultiva en 15 estados del país, donde más de 164 mil productores se dedican a esta actividad. Anualmente la agroindustria cañera beneficia a más de 2.6 millones de personas de manera directa e indirecta. La producción nacional de azúcar para la zafra 2023 – 2024 fue de 4 millones 703 mil 547 toneladas, quedando 520 mil 700 toneladas por abajo del ciclo 2022/2023 (-9.97%). La producción de Caña Molida Bruta, por su parte, culminó en 46 millones 093 mil 267 toneladas, 1 millón 470 mil 563 toneladas menor al ciclo previo. Así mismo, se industrializaron 743 mil 119 hectáreas, con un rendimiento en campo de 62.027 toneladas de caña por hectárea. El Ingenio Quesería en el estado de Colima, alcanzó un rendimiento de campo de 62.24 t ha^{-1} y 11.84% de rendimiento de fábrica (UNCAC, 2024). En el país, la obtención de variedades es una de las principales prioridades de productores e industriales de la caña de azúcar, sin embargo, el proceso de evaluación y liberación de un nuevo híbrido, requiere entre 12 a 14 años ininterrumpidos de estudios. En México, se cultivan principalmente tres variedades de caña de azúcar (CP 72-2086, Mex 69-290 y Mex 79-431), las cuales suman el 65% de la producción total, sin embargo, estos híbridos rebasan 30 años de uso comercial, por lo cual, presentan mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, poca adaptación a los cambios climáticos y edáficos, tendencia a la baja productividad y como consecuencia disminución de la rentabilidad del cultivo. Por lo antes expuesto, el objetivo de esta investigación fue evaluar nuevos híbridos de caña de azúcar con mejor adaptación y comportamiento agroindustrial en el Campo Experimental del Ingenio Quesería, del grupo Beta San Miguel (BSM), el cual se encuentra en la parte centro del estado de Colima.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en un Campo Experimental del Ingenio Quesería, el cual se encuentra ubicado en la localidad de Lo de Villa, en el municipio de Colima, Colima. La parcela se ubica a 19°14´18” LN y 103°46´30´´ LO a 442 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las condiciones edafoclimáticas del sitio son: tipo de suelo alcalino con pH 8.1, lo que genera un exceso de carbonatos de calcio y magnesio, el clima semiseco y muy cálido, temperatura media anual es de 26 °C y precipitación pluvial anual aproximada de 500 a 600 mm. La evaluación fue establecida en fase agroindustrial ciclo planta, con un grupo de seis nuevos híbridos de caña de azúcar procedentes de diferentes Campos Experimentales Regionales (CERs) con los que cuenta el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) A.C.; como testigo comercial fue variedad CP 72-2086 (Cuadro 1), siendo su sistema de producción riego. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad o parcela experimental, fue de cuatro surcos de 12 m de longitud por 1.40 m de ancho. La parcela útil fue de dos surcos de 12 m de longitud. Las características evaluadas fueron: estimación de rendimiento de campo a los 13 meses de edad de la planta y % de sacarosa de los 11 a los 13 meses de edad de la planta. Los valores obtenidos a estimación de rendimiento se les realizó un ANOVA mediante el programa SAS®. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 1. Relación de nuevos híbridos de caña de azúcar en evaluación en el Campo Experimental Lo de Villa, Colima, dentro del área de abasto del Ingenio Quesería S.A. de C.V.

Híbrido	Origen	Estado	Híbrido	Origen	Estado
LTMex 94-12	CER San Pedro	Veracruz	Mex 96-35	CER San Pedro	Veracruz
Mex 95-59	CER El Estribo	Tamaulipas	MotzMez 01-403	CER Motzorongo	Veracruz
Mex 97-20	CER San Cristóbal	Veracruz	ColMex 94-8	CER Tecomán	Colima
CP 72-2086	Testigo	EUA			

Resultados y discusión

Estimación de rendimiento de campo. El Análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencia significativa en la variable estimación de rendimiento en los híbridos evaluados. El dato del Coeficiente de Variación (CV= 9.36%), nos indica que los datos del ensayo son confiables. La agrupación de medias por la prueba de Tukey ($p<0.05$), muestra en la Figura 1 que se formaron dos grupos (A y B), destacando para esta variable al híbrido Mex 94-8 con un valor de 142.85 t ha^{-1}, los siguientes cinco híbridos son estadísticamente iguales, entre los que se encuentra el testigo comercial CP 72-2086, con 131 t ha^{-1}, menor en 11 t ha^{-1} al híbrido antes mencionado. A pesar de no existir diferencia estadística en la mayoría de los híbridos evaluados, económicamente existe beneficio para los productores, debido al precio de la tonelada de caña de azúcar en el país (aproximadamente $1400), es decir, con el híbrido Mex 94-8, el productor cañero podría llegar a obtener hasta $15,400.00 más por hectárea en relación con utilizar el testigo comercial CP-72-2086. Solamente el híbrido LTMex 94-2 es estadísticamente inferior al resto de los híbridos en evaluación, con un valor de solamente 101 t ha^{-1}. Cervantes *et al*. (2017), reportaron qué, para la obtención de buenos resultados en el rendimiento de campo y fabrica en la evaluación de nuevas variedades, participan variables de clima, suelo y manejo de cultivo que tienen una influencia marcada en su comportamiento.

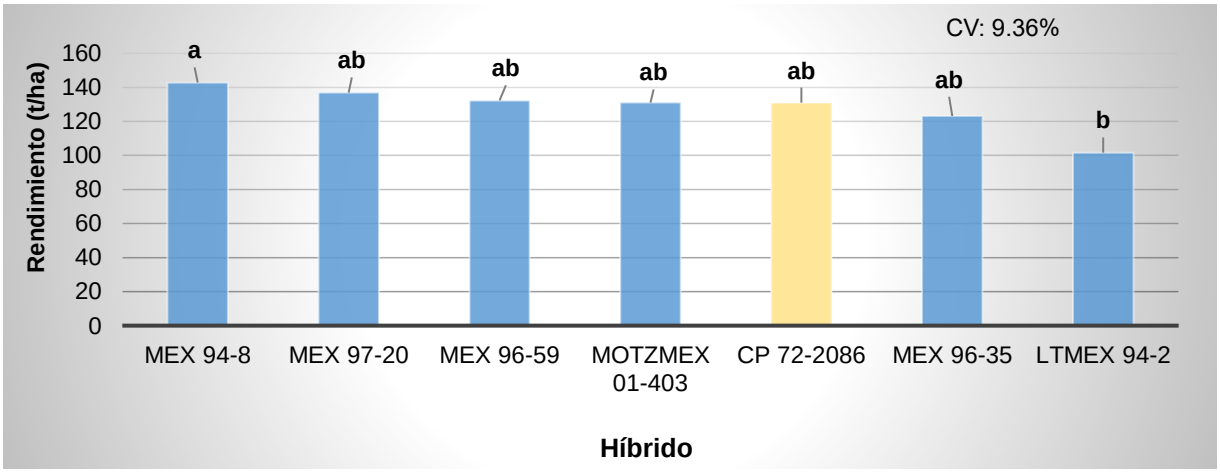


Figura 1. Comparación de medias para Rendimiento de campo por la prueba de Tukey ($p<0.05$) en ensayo de nuevos híbridos de caña de azúcar en la localidad de Lo de Villa, Colima.

Porcentaje de sacarosa en caña de azúcar. Es una variable que impacta directamente con el precio de la tonelada de caña de azúcar, es decir, entre mayor sea el porcentaje de sacarosa en caña, mayor será el precio por tonelada. En la Figura 2, podemos observar el comportamiento de los híbridos en evaluación, donde destaca el testigo comercial CP 72-2086 con el valor más elevado (15.01%) a los 13 meses de edad de la planta (antes de realizar la cosecha), seguido muy de cerca por Mex 94-8 (14.83%), dichos híbridos se les considera de madurez temprana. Sin embargo, al igual que los híbridos antes mencionados,

MotzMex 01-403 y Mex 96-59 alcanzaron valores por encima de 14% de sacarosa, lo cual, se consideran híbridos con buen comportamiento para esta variable. El resto de los híbridos mostraron valores por debajo del 14% de sacarosa. Así mismo, el único híbrido que bajó su sacarosa durante su último muestreo fue LTMex 94-2, con un valor de 11.42%. Cabe mencionar que, de acuerdo con García *et al.,* (2017), sacarosa (Pol), °Brix y pureza de jugos muestran una asociación, es decir, cuando una de estas variables aumenta, también se observa un incremento en los valores de las otras, indicando una correlación positiva entre ellas.

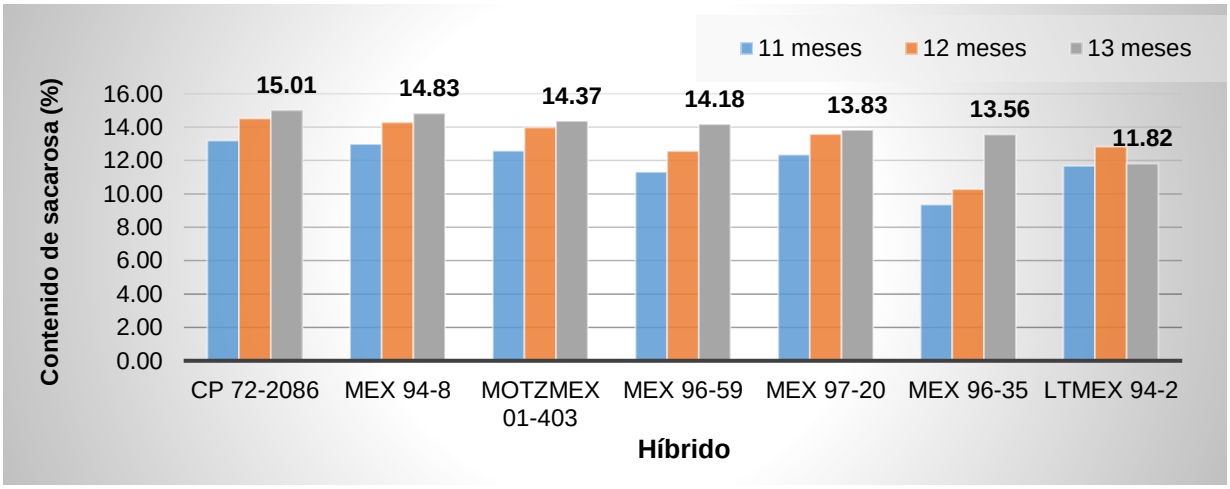


Figura 2. Análisis industrial (Pol) de los 11 – 13 meses de edad de la planta de nuevos híbridos de caña de azúcar, Fase Agroindustrial en la localidad de Lo de Villa, Colima.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en las variables evaluadas, podemos concluir que, bajo las condiciones de riego, cinco híbridos, incluyendo el testigo comercial, obtuvieron valores por encima de 130 t ha^{-1}, destacando Mex 94-8 con un valor de 142.8 t ha^{-1}. En lo que se refiere a sacarosa el testigo comercial CP 72-2086 obtuvo el mayor valor (15.01%), seguido muy de cerca por Mex 94-8 con un valor de sacarosa de 14.83%. Sin embargo, es de suma importancia evaluar por lo menos durante dos ciclos más (soca y resoca) este ensayo de híbridos de caña de azúcar.

Referencias bibliográficas

Cervantes, P. J. F., N. Milanés R. y J. C. García P. 2017. Evaluación de rendimiento de campo de 11 nuevos híbridos de caña de azúcar en la región central del estado de Veracruz. p. 113-118. *In*: Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola, Pesquería, Desarrollo rural, Transferencia de tecnología, Biotecnología, Ambiente, Recursos naturales y Cambio climático 2017. INIFAP. Medellín, Ver., México.

García P. J.C., Álvarez C. M., Guzmán M. M. y Cervantes P. J.F. 2017. Evaluación de variables de calidad en híbridos de *Saccharum* spp. en diferentes ambientes agroecológicos en Jalisco, México. Agroproductividad 12 (3): Pág. 69-74.

Sentíes-Herrera, H. E., y F. C. Gómez-Merino. 2014. Nuevas directrices en mejoramiento genético de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Agroproductividad 7(2):9-15.

RESPUESTA DE VARIEDADES DE TRIGO DE TEMPORAL EN LA REGIÓN DE JUCHITEPEC, ESTADO DE MÉXICO

Pedro Mejia Elias[1*], Héctor Eduardo Villaseñor Mir[2], René Hortelano Santa Rosa[2], Julio Huerta Espino[2], Eliel Cruz Martínez[2], María Elsa Rodríguez Contreras[2], Salvador Carranza González[3], Santa Flores Pérez[1]

[1]Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, [2]Campo Experimental Valle de México-INIFAP, [3]Colegio de Postgraduados.
Autor para correspondencia: *pedro_1801@outlook.com

Palabras clave: Rendimiento, genotipos, comparación.

Introducción

La producción de trigo de temporal en México, localizada en el altiplano central, enfrentan desafíos particulares debido a la dependencia de las precipitaciones pluviales y a las variaciones climáticas (Villaseñor, *et al* 2021), condiciones que hacen imperativo el desarrollo de variedades capaces de rendir bien en condiciones adversas de temporal (Ramírez *et al*., 2016). En el ciclo PV/2024, se sembraron 51,096 hectáreas, 6% menos que en 2023, pero la producción fue de 109,309 toneladas, 7% más (SIAP, 2024). El objetivo del trabajo fue comparar el rendimiento de variedades de trigo recomendadas para siembras de temporal en la región de Juchitepec, Méx.

Materiales y métodos

Se probaron 10 variedades que fueron proporcionadas por el Programa de Trigo del INIFAP-CEVAMEX y fueron: Temporalera M87, Tlaxcala F2000, Rebeca F2000, Nana F2007, Altiplano F2007, Valles F2015, Texcoco F2016, Nely F2022, Terre F2022 y Kone. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones en 17 ensayos evaluados del 2017 al 2024 en Tenango del Aire y Juchitepec, Méx. Además de rendimiento, se registraron los días a floración (DF), días a madurez (DM y altura de planta (ALT) en la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

El análisis de varianza (Cuadro 1) mostró diferencias altamente significativas en las fuentes de variación Ambientes y Variedades para las cuatro variables evaluadas, lo que indica que los ambientes fueron diferentes entre sí, así como las variedades. Los coeficientes de variación fueron adecuados para evaluaciones bajo condiciones de temporal.

Cuadro 1. Análisis de varianza de 10 variedades de trigo de temporal evaluados en 17 ambientes de la región de Juchitepec, Estado de México, ciclos PV/2017 a PV/2024.

F.V.	gl	DF	gl	DM	gl	ALT	gl	REND
Ambientes	13	196.70**	14	2001.21**	14	2602.51**	16	44340894.8**
Rep(Amb)	1	4.88	1	2.25	1	2.43	1	9709726
Variedades	9	119.84**	9	213.92**	9	266.78**	9	30414126.1**
Error	256	2.96	275	9.53	275	35.99	313	1119386
Total	279		299		299		339	
Media		61.33		121.08		95.23		6006.63
C. V. (%)		2.8		2.55		6.3		17.6

F.V. = factor de variación; gl = grados de libertad; DF =días a floración; DM = días a madurez fisiológica; ALT = altura de planta; REND = rendimiento de grano.

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias entre los diferentes ambientes, en donde se observa que las condiciones de producción que prevalecieron fueron propias de los ambientes Favorables, Intermedios y Críticos de producción, variando el rendimiento promedio de 9007 a 3713 kg ha^{-1}. El rendimiento promedio dentro de cada ambiente varió en los favorables de 9007 a 7017 kg ha^{-1}, en los

intermedios de 6751 a 5689 kg ha^{-1} y en los críticos de 4994 a 3713 kg ha^{-1}. La mejor productividad coincidió con ciclos largos (132–136 días) y mayor altura de planta, reflejando condiciones hídricas favorables. La evaluación se realizó del 2017 al 2024, y se observa que en la localidad de Juchitepec, que de hecho fue en el mismo predio, se mostró gran variación (9007 a 3713 kg ha^{-1}), lo que confirma lo señalado por Villaseñor y Espitia (2000), que en los ambientes de temporal existe gran variación a través del tiempo.

Cuadro 2. Medias por localidad, promedio de 17 ambientes de temporal en la región de Juchitepec, Estado de México, ciclos PV/2017 a PV/2024.

Ambientes/Año		REND	DF	DM	ALT
Favorables	Juchitepec, 1F, 2020	9007	65	135	113
	Juchitepec, 2F, 2020	8436	64	132	110
	Juchitepec, 1F 2021	7511	63	136	100
	Juchitepec 1F, 2019	7017	61	118	92
	Tenango del Aire, 2022	6751	60	104	94
Intermedios	Juchitepec, 2F, 2021	6663	-	129	103
	Juchitepec, 2024	6531	62	127	104
	Juchitepec, 2F, 2022	6308	64	120	94
	Juchitepec, 1F, 2022	6091	65	123	93
	Juchitepec, 2F, 2019	5689	62	121	96
	Tenango de Aire, 2024	5254	59	121	100
	Tenango del Aire, 2019	4994	55	106	92
Críticos	Juchitepec, 2023	4781	-	-	-
	Tenango del Aire, 2018	4677	56	108	74
	Tenango del Aire, 2023	4660	-	-	-
	Juchitepec, 2017	4033	64	123	94
	Juchitepec, 2018	3713	60	112	71
	Tukey (α=0.05)	927.09	1.25	1.94	5.87

1F= primera fecha de siembra; 2F= segunda fecha de siembra; REND= rendimiento de grano en kg $^{-1}$; DF= días a floración; DM= días a madurez fisiológica; ALT= altura de planta en cm.

En el Cuadro 3 se presentan el comportamiento de las variedades, en donde se observa que Kone, Nely F2022 y Terre F2022 fueron las más productivas, con rendimientos de 7.1 a 7.2 t ha^{-1}, debido en parte a su reciente liberación y resistencia a enfermedades. En contraste, Nana F2007 presentó el menor rendimiento (4.3 t ha^{-1}) por la pérdida de su resistencia. Variedades como Rebeca F2000 y Texcoco F2026 mostraron rendimientos intermedios, reflejando una disminución en su desempeño con el tiempo. Los resultados destacan la necesidad de renovar constantemente los cultivares para mantener altos rendimientos bajo condiciones de temporal. Las variedades evaluadas tuvieron ciclos cortos (119–125 días) y alturas adecuadas (90–99 cm). En el Cuadro 3, se presenta la comparación con respecto a la variedad Kone (más productiva) en donde se observa que a partir de Rebeca F2000, superó a los genotipos de 16 % a 39 %, lo que implica sustituir a las variedades más antiguas por las de reciente liberación, permitiría incrementar el rendimiento promedio aproximado en 25 %, equivalente a 1600 kg ha^{-1}.

Conclusiones

Los ensayos demostraron que el rendimiento del trigo en temporal en los Valles Altos del Centro de México, y en especial en la región de Juchitepec, Méx., depende en gran medida de las condiciones climáticas que prevalezcan en una localidad y un año en particular, lo que en su momento se atribuye a la cantidad y distribución de la lluvia. Las variedades más recientes, como Kone, Nely F2022 y Terre F2022, superaron significativamente a los materiales antiguos en rendimiento, lo que evidencia la importancia de seguir

incorporando nuevas variedades adaptadas y con alto rendimiento para enfrentar la variabilidad del temporal y mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo de trigo.

Cuadro 3. Medias por variedad, promedio de 17 ambientes de temporal en la región de Juchitepec, Estado de México, ciclos PV/2017 a PV/2024.

Variedades	REND	DifK%	DifKkg	DF	DM	ALT
KONE	7226	-	-	62	123	90
Nely F2022	7168	-0.8	58	63	121	94
Terre F2022	7111	-1.59	115	61	120	91
Rebeca F2000	6080	-15.85	1146	65	125	97
Texcoco F2016	6054	-16.22	1172	59	121	95
Valle F2015	5950	-17.65	1276	62	122	99
Temporalera M87	5621	-22.21	1605	62	122	97
Altiplano F2007	5309	-26.52	1917	63	123	99
Tlaxcala F2000	5168	-28.48	2058	60	119	96
Nana F2007	4380	-39.38	2846	58	115	95
Tukey (α=0.05)	649.14	-	-	0.99	1.47	4.47

REND= rendimiento de grano en kg/ha; DF= días a espigamiento; DM= días a madurez fisiológica; ALT= altura de planta en cm.

Agradecimientos

Se agradece a INIFAP por el financiamiento al proyecto “Programa Nacional de Mejoramiento Genético para generar variedades resistentes a royas de alto rendimiento y alta calidad para producción sustentable de trigo en México”, SIGI: 153335532.

Referencias bibliográficas

Ramírez V. J., Hortelano S. R. R., Villaseñor M. H. E., López H. E., Martínez C. E. y Espitia R. E. (2016). Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 73(3):655-667. https://wwcielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-0934201600030065

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2024). México. Escenario mensual de productos agroalimentarios, Dirección de Análisis Estratégico, Escenario trigo panificable 2024. On Line: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/962330/Trigo_panificable_Nov24.pdf (consultado febrero 2025).

Villaseñor M. H. E. y Espitia R.E. (2000). Características de las áreas productoras de trigo de temporal: problemática y condiciones de producción. *In*: el trigo de temporal en México. Villaseñor, M. E. H. y Espitia, R. E. (Eds.). SAGAR, INIFAP, CIRCE-CEVAMEX. Libro Técnico No. 1. México. pp. 85-98.

Villaseñor M. H. E., Huerta E. J., Solís M. E., Rodríguez G. M. F., Martínez C. E. y Espitia R. E. (2021). Mejoramiento genético en trigo realizado por el INIFAP desde 1985 a 2020. Revista mexicana de ciencias agrícolas *25*: 27–31. ttps://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2809.

"H569", NUEVO HÍBRIDO DE MAÍZ BLANCO PARA REGIONES TROPICALES DE CHIAPAS

Bulmaro Coutiño Estrada*[1], Noel Gómez Montiel[2]

[1] INIFAP Campo Experimental Centro de Chiapas. [2] INIFAP Campo Experimental Iguala.
* Autor para correspondencia: coutino.bulmaro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Maíz, hibridación, Diplodia, Fusarium, cruza simple.

Introducción

El H-561 es un híbrido de cruza simple formado por las líneas progenitoras Lemoc-1RP y Lemoc-2RP, muy uniforme, con 15 a 26 % mayor rendimiento que los híbridos comerciales H-560, H-516 y P30F94; en promedio produce 7.6 t ha^{-1}, pero en buenas condiciones de humedad produce hasta 9.8 t ha^{-1}; su cualidad más importante es la resistencia a las pudriciones de la mazorca causadas por los hongos *Diplodia* y *Fusarium* (Coutiño *et al*., 2013). Para la producción de semilla del híbrido, se siembra una semana antes la línea hembra, para que coincida en su floración con la línea macho, pero es un problema hacer dos siembras separadas, sobre todo en la época de lluvias, por esta razón, se decidió que era necesario sincronizar la floración de ambas líneas (Coutiño, 2022). En el 2018 y 2019 se sembraron ambas líneas en parcelas de 800 plantas, y se hicieron autofecundaciones en las más vigorosas y sanas, y en la cosecha, se hizo otra selección visual de las mejores mazorcas por su tamaño, sanidad, cantidad de semilla y se hicieron mezclas mecánicas de semilla de las que coincidieron en su floración, y se formaron diferentes grupos de sublíneas por sus días a floración. También se hicieron cruzas directas y recíprocas entre esas sublíneas para conocer la calidad de semilla. Los cinco grupos de sublíneas y los grupos de cruzas fueron sembrados en el P. V. 2021 para evaluar su comportamiento y su calidad de semilla, donde se encontró igualdad estadística entre las nuevas cruzas simples, sobresaliendo numéricamente la cruza directa formada con sublíneas de 63 días a floración (Vázquez *et al*., 2023). Esta cruza simple sobresaliente, denominada provisionalmente "H561 63d", se sembró en parcelas demostrativas en 2022, 2023 y 2024, y tuvo rendimientos de 8.857, 7.975 y 11.273 t ha^{-1}, respectivamente, superando a las variedades mejoradas de polinización libre "Coutiño V570A", V561 y V562, por lo que se caracterizaron este híbrido y sus líneas progenitoras para liberarlo como nuevo híbrido con la denominación H569; el objetivo de este trabajo es presentar sus principales características.

Materiales y métodos

Para la caracterización de este híbrido y de sus dos líneas progenitoras se establecieron en el Campo Experimental Centro de Chiapas, durante los ciclos agrícolas P.V.2023 y P.V.2024, tres lotes de 20 surcos de 20 m de longitud, con 800 plantas cada uno, en surcos a 75 cm, con una planta cada 40 cm. Se dieron todas las labores de cultivo recomendadas para maíz para tener un desarrollo normal de las plantas. Siguiendo el Manual Gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.) del SNICS (SNICS, 2010), fueron seleccionadas al azar 100 plantas con competencia completa, en las cuales se midieron 68 descriptores en raíces, hojas, tallos, nudos, flores, mazorca, olote, grano, etc., para llenar el formato de caracterización que se envía al SNICS. La cosecha y mediciones en mazorca y grano se hicieron en los meses de noviembre y diciembre de cada año, mientras que la captura de las mediciones de las 68 variables se realizó de enero a febrero de esos años. Los datos individuales de cada una de las 100 plantas se capturaron en una hoja de cálculo de Excel, en la cual se obtuvieron los porcentajes de plantas que caen en niveles de 1 a 9, según el descriptor medido. Posteriormente, los porcentajes se capturaron en un formato de Word, el cual es la caracterización de todas las variables medidas y se le considera como la "descripción varietal" o "informe técnico", que requiere el SNICS, para su trámite de ingreso y registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales.

Resultados y discusión

Este nuevo híbrido constituye una buena opción para los productores de maíz y para incrementar la producción de grano en la región, puesto que posee buenas características de planta, mazorca y grano, El híbrido H569 ha demostrado ventajas sobre su predecesor el híbrido H561, pues para la producción de semilla, ahora se pueden sembrar ambas líneas progenitoras al mismo tiempo, al haber sincronizado su floración a los 63 días; en las primeras dos semanas de edad, se puede observar el mayor desarrollo de las plántulas, comparado con otros híbridos y variedades; su periodo de floración femenina y masculina es

entre 61 a 65 días; sus plantas crecen de 2.21 a 3.0 m y su mazorca se inserta de 0.61 a 1.0 m; la forma de la mazorca es cónica-cilíndrica, de una longitud de 18 a 20 cm, con 14 a 16 hileras de granos, los cuales son de color blanco y textura intermedia, entre semicristalina y semidentada y un rendimiento de grano bajo buen temporal de 11 t ha^{-1}, y la sanidad de la mazorca es muy semejante a su antecesor H561, el cual es tolerante a las enfermedades causadas por *Diplodia* y *Fusarium* (Cuadro 1) (Figura 1).

Cuadro 1. Algunas de las 68 características descriptivas de la nueva variedad "H569".

No.	Característica	Estado	Nivel				Nota (%)
1	Primera hoja: coloración de la vaina por antocianinas.	12 (S)	ausente o muy débil				1 (12)
			débil				3 (63)
			media				5 (24)
			fuerte				7 (1)
			muy fuerte				9 ( )
2	Primera hoja: longitud (cm)	14	muy corta		≤ 2.0		1 ( )
					2.1-2.5		2 ( )
			corta		2.6-3.0		3 (1)
					3.1-3.5		4 ( )
			mediana		3.6-4.0		5 (1)
					4.1-4.5		6 ( )
			larga		4.6-5.0		7 (11)
					5.1-5.5		8 ( )
			muy larga		> 5.5		9 (87)
3	Primera hoja: ancho (cm)	14	muy estrecha		≤ 0.5		1 ( )
			estrecha		0.6-0.9		2 ( )
			mediana		1.0-1.3		3 (3)
			ancha		1.4-1.7		4 (78)
			muy ancha		> 1.7		5 (19)
25 (*)	Espiga: floración masculina (cuando el 50% de las plantas se encuentren liberando polen en el tercio medio del eje principal de la espiga). Indicar la nota a los días a floración media en la zona principal de adaptación. T = Trópico, B = Bajío, VA = Valles Altos, VMA = Valles muy altos	65	T (X)	B ( )	VA ( )	VMA ( )	
			≤45	≤55	≤65	≤75	1 ( )
			46-50	56-61	66-72	76-83	2 ( )
			51-55	62-67	73-79	84-91	3 ( )
			56-60	68-73	80-86	92-99	4 (11)
			61-65	74-79	87-93	100-107	5 (89)
			66-70	80-85	94-100	108-115	6 ( )
			71-75	86-91	101-107	116-123	7 ( )
			76-80	92-97	108-114	124-131	8 ( )
			>80	>97	>114	>131	9 ( )
40	Jilote: Intensidad de coloración por antocianinas en los estigmas del jilote superior	65 (S)	ausente o muy débil				1 (11)
			débil				3 (38)
			media				5 (37)
			fuerte				7 (14)
			muy fuerte				9 ( )
51	Mazorca: forma de la mazorca principal.	92	cónica				1 ( )
			cónica-cilíndrica				2 (79)
			cilíndrica				3 (21)

Conclusiones

El nuevo híbrido H569, tolerante a enfermedades de grano causadas por *Diplodia* y *Fusariun,* tiene rendimientos de 7.9 a 11 t ha^{-1}, y para la producción de semilla pueden sembrarse en la misma fecha ambas líneas progenitoras, pues florean al mismo tiempo; supera a las variedades mejoradas “Coutiño V570A”, V561 y V562. Se tiene completa la caracterización, tanto de las líneas progenitoras como del mismo híbrido, la cual se enviará en julio 2025 al SNICS para tramitar su registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales.



Figura 1. Fenotipo de planta y mazorcas del híbrido H569.

Fuente financiadora
Se agradece al INIFAP los recursos económicos proporcionados en varios proyectos fiscales durante los años 2018 al 2024, que permitieron la obtención de este nuevo híbrido.

Referencias bibliográficas

Coutiño E. B, Salinas M. Y., Gómez M. N., Vidal M. V. A. 2013. H-561, nuevo híbrido de maíz resistente a pudriciones de mazorca para regiones tropicales. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 (1): 85 – 87.

Coutiño E. B. 2022. Sincronización floral de las líneas progenitoras del híbrido de maíz H-561. Acta Fitogenética 8 (1). p 81.

SNICS. 2010. Manual Gráfico para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de México.

Vázquez O. D.**,** Coutiño E. B., Aguirre M. J. F., Santacruz V. A. 2023. Evaluación del rendimiento de grano de cruzas directas y recíprocas del híbrido de maíz H-561. Memorias Congreso Mesoamericano UNACH. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp:774-778.

FENOTIPADO DE MAZORCAS Y GRANOS DE MAÍCES NATIVOS DE LAS REGIONES NORTE, MONTAÑA Y CENTRO DEL ESTADO DE GUERRERO

César del Ángel Hernández-Galeno[1], Noel Orlando Gómez-Montiel[1], Irad Jared Reza-Solis[2], Vania Jiménez-Lobato[2]; Teolincacihuatl Romero-Rosales[2] José Luis Valenzuela-Lagarda[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala.
[2]Universidad Autónoma de Guerrero.
Autor para correspondencia hernandez.cesar@inifap.gob.mx

Palabras clave: maíz nativo, razas de maíz, diversidad.

Introducción

En México, el cultivo del maíz es una actividad de suma importancia, con este cereal en el año 2023, se sembró el 53 % de la superficie destinada a cultivos agrícolas anuales (SIAP, 2025). En las 6.9 millones de hectáreas destinadas a la producción de maíz, alrededor del 75 % se siembran con maíces nativos por más de dos millones de productores. Los maíces nativos año con año son sometidos a procesos de selección por los productores que los cultivan, por ello, es necesario realizar caracterizaciones morfoagronómicas que permitan documentar la diversidad existente. El objetivo de este estudio fue caracterizar morfológicamente mazorcas y granos de maíces nativos colectados en las regiones Norte, Montaña y Centro del estado de Guerrero.

Materiales y métodos

En los meses de noviembre y diciembre de 2023, así como, enero, febrero y marzo de 2024, se realizó un muestreo probabilístico aleatorio estratificado en las regiones Norte, Montaña y Centro del estado de Guerrero, para recolectar maíces nativos, considerando obtenerlos en un estrato altitudinal de 800 a 1800 m. Cada muestra de maíz se integró por 20 mazorcas o más, las cuales fueron seleccionadas considerando su representatividad en función de su pertinencia racial. La caracterización morfológica se realizó considerando un diseño completamente al azar con seis repeticiones (mazorcas obtenidas de manera aleatoria de las colectas). Las variables evaluadas fueron: longitud de mazorca (LM, cm), diámetro de mazorca (DM, cm), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), ancho de grano (AGr, cm), longitud de grano (LGr, cm), espesor de grano (EGr, mm), peso de 100 granos (PCGr, g), volumen de cien granos (VCGr, cm^3), conforme a lo descrito por Biodiversidad (2025). Con los datos obtenidos y considerando como tratamientos a las colectas (52) y posteriormente a las razas (10), se realizaron análisis de varianza (ANAVA) y comparación múltiple de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el programa R y el paquete 'agricolae' (de Mendiburu, 2023).

Resultados y discusión

Como producto de la colecta realizada se obtuvieron 52 muestras, correspondientes a ocho municipios y 24 localidades del estado de Guerrero. Las muestras se ubicaron racialmente como Ancho (5), Bolita (3), Conejo (4), Cónico Norteño (1), Elotes Occidentales (2), Mushito (3), Olotillo (2), Pepitilla (19), Reventador (4) y Vandeño (9), algunas en forma pura y otras con introgresión de otras razas.

El análisis de varianza que consideró como tratamientos a las colectas y posteriormente a las razas, indicó la existencia de diferencias estadísticas para todas las variables estudiadas ($p \leq 0.01$), de igual manera sucedió con las comparaciones de medias efectuadas.

En la variable longitud de mazorca los valores máximo y mínimo fueron identificados en muestras de las razas Reventador (26.2 cm) y Pepitilla (10.2 cm), respectivamente (Figura 1). Los valores promedio por raza fueron: Ancho (19.23), Bolita (16.96), Conejo (17.32), Cónico Norteño (16.78), Elotes Occidentales (18.07), Mushito (21.01), Olotillo (17.90), Pepitilla (17.04), Reventador (21.64) y Vandeño (18.13).

La variable diámetro de mazorca tuvo sus valores máximos y mínimos en las razas Pepitilla (63.3 cm) y Olotillo (33.3 cm), respectivamente. Los valores promedio de esta variable para todas las razas estudiadas tuvieron una fluctuación de 43.03 a 52.17 cm.

En la variable número de hileras por mazorca se destacó la raza Pepitilla por presentar un valor máximo de 24 hileras. De manera general, las razas evaluadas tuvieron valores promedio de 8 a 14 hileras por mazorca. El número de granos por hilera fue destacado en la raza Olotillo con 56 granos. Los valores promedio para esta variable en todas las razas fluctuaron de 29 a 43 granos.

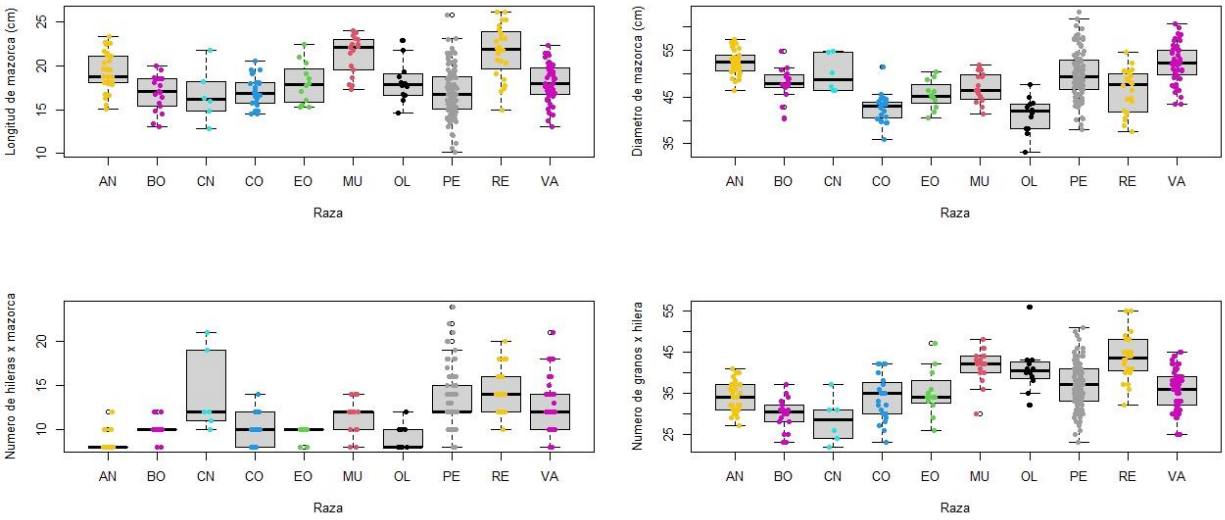


Figura 1. Dispersión de valores por raza de maíz nativo, para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera.
Razas AN= Ancho; BO= Bolita; CN= Cónico Norteño; EO= Elotes Occidentales; MU= Mushito; OL= Olotillo; PE= Pepitilla; RE= Reventador y VA= Vandeño.

En las variables de grano, el mayor ancho de grano se identificó en una muestra de maíz raza Ancho con 1.98 cm (Figura 2), aspecto que es típico de la raza y ha sido reportado por diferentes fuentes como CONABIO (2021). Los granos menos anchos fueron evaluados en una muestra de la raza Pepitilla con valor de 0.56 cm, en esta raza es característico que algunas poblaciones presenten granos muy delgados, parecidos a un grano de arroz, lo cual hace que en las comunidades donde se cultiva se le conozca comúnmente como “maíz arrocillo” o “maíz arroceño”. En esta raza también se encontraron los granos más alargados, con 2.15 cm. Los valores promedio para largo de grano para todas las razas fueron de 1.32 a 1.68 cm. Los mayores valores para la variable espesor de grano fueron para las razas Bolita (5.70 mm) y Ancho (5.42 mm). En la variable peso de cien granos, la raza Ancho destacó con el mayor promedio (76.7 g) y valor extremo (104 g). Las razas Reventador y Pepitilla presentaron los menores valores para esta variable con pesos de cien granos de 17 y 18 g, respectivamente.

Conclusiones

Las mazorcas y granos de los maíces nativos colectados en las regiones Norte, Montaña y Centro del estado de Guerrero, mostraron alta variación en las características evaluadas, esta variación es atribuible a los procesos de selección que cada productor realiza año con año, así como, a factores diversos como las condiciones geográficas y climáticas en que se cultivan estos maíces.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el recurso aportado para realizar las colectas de este estudio a través del proyecto Conservación *in situ* y mejoramiento participativo del maíz nativo en México, de igual manera se agradece a los productores del estado de Guerrero que aportaron sus muestras de maíces nativos.

Referencias bibliográficas

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2021). Razas de maíz de México. Grupo Ocho Hileras. Consulta en línea en https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas/grupo-OchoH Fecha: junio de 2025.

de Mendiburu F. (2023). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-7, https://CRAN.R-project.org/package=agricolae.

Biodiversidad (2025). Guía práctica para la descripción preliminar de colectas de maíz. Consulta en línea en https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/genes/files/GuiaPracticaMaiz.pdf Fecha: junio de 2025.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2025) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consulta en línea en: https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ Fecha: junio de 2025.

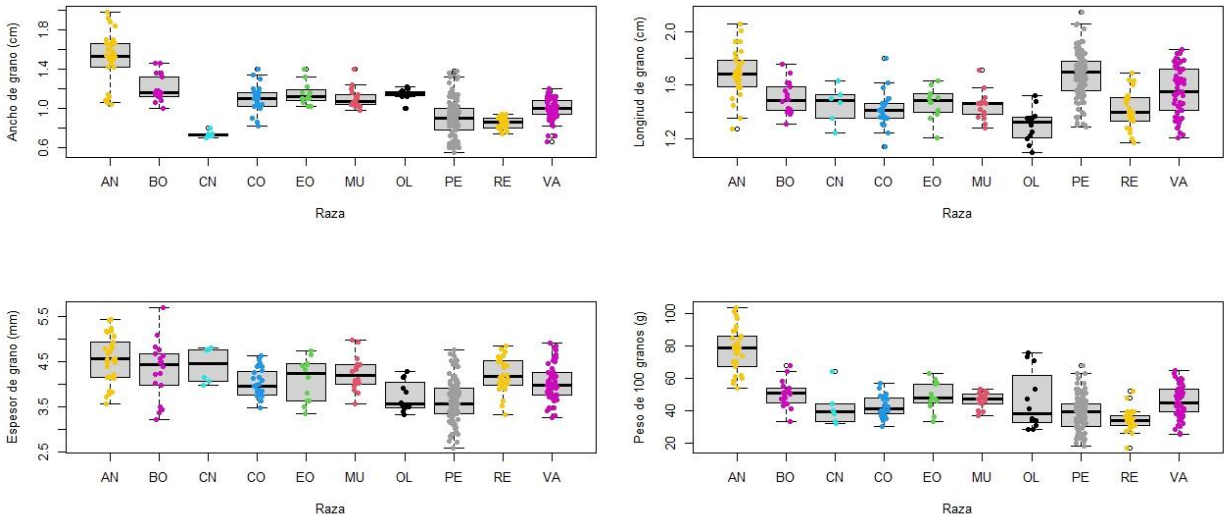


Figura 2. Dispersión de valores por raza de maíz nativo, para las variables ancho de grano, longitud de grano, espesor de grano y peso de 100 granos.
Razas AN= Ancho; BO= Bolita; CN= Cónico Norteño; EO= Elotes Occidentales; MU= Mushito; OL= Olotillo; PE= Pepitilla; RE= Reventador y VA= Vandeño.

ÓNIX, NUEVA VARIEDAD DE AVENA (*Avena sativa* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y FORRAJE EN SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO

Héctor Eduardo Villaseñor Mir[1]*, René Hortelano Santa Rosa[1], Julio Huerta Espino[1] y Eliel Martínez Cruz[1]

[1]Campo Experimental Valle de México-INIFAP.
Autor para correspondencia: *villasenor.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: Roya del tallo, rendimiento de grano.

Introducción

El área sembrada de avena de temporal en México en los últimos 10 años se ha incrementado, sembrándose en el 2022 más de 700 mil hectáreas (SIAP, 2024), principalmente en temporales con precipitaciones menores de 400 mm y en donde por lo general cultivos como maíz, frijol, trigo y cebada se siniestra por problemas de sequía o bajas temperaturas, o por el retraso de la temporada de lluvias ya no es conveniente sembrarlos (Villaseñor *et al*., 2021). Su principal problema en la producción es la incidencia de roya del tallo, enfermedad que en variedades susceptibles causa graves pérdidas hasta del 70 % (Villaseñor *et al*., 2009) y que presenta gran diversidad de razas fisiológicas, la que tan sólo en los Valles Altos de México en el 2016 incidió con la presencia 67 razas fisiológicas (Zamudio *et al*., 2023). La forma más efectiva de controlar la roya del tallo es mediante el mejoramiento genético para generar variedades resistentes, ya que mediante la siembra de este tipo de variedades se evita que el patógeno evolucione hacia nuevas variantes (Huerta y Singh, 2000), motivo por el que el programa de mejoramiento genético de avena del INIFAP-CEVAMEX genera nuevas variedades, como ÓNIX, que el INIFAP pone a disposición de los productores y que se presenta a continuación.

Materiales y métodos

La variedad de avena (*Avena sativa* L.) ÓNIX fue obtenida por el Programa de Mejoramiento Genético de Avena del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) con sede en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX). Sus progenitores son las siguientes líneas:

Hembra: PMG/3/83.109(5.0C)8C.0C/KAR/7/KAR/GALE/2/TPCMHF7114/ENA.INN/IIM.INCA/3/IIM.ENA/4/OJI/5/YUCADIA/6/KAR/GALE/CIR/KAR

Macho: KAR/RARAMURI//X93AB.47=UFR95.88.1980/GUAIBA.SEL.1/CTC.84B993

Se realizó una cruza simple entre los dos progenitores en el ciclo P-V/2013 en Chapingo, Méx. Se avanzó la población F1 y en la F2 se cosechó individualmente la planta 15 (15C) en P-V/2014 en Chapingo. Se utilizó el método de selección de familias masivas de las generaciones F3 a F5 en Chapingo (ciclos O-I/2014-15, P-V/2015 y O-I/2015-16) y en la F6 se seleccionó y cosechó individual la planta 2 (2C), mientras que en la F7 se cosechó su línea uniforme en Chapingo (0C) en el ciclo O-I/216-17, la que se ubicó con la siguiente genealogía:

(PMG/3/83.109(5.0C) 8C.0C/KAR/7/KAR/GALE/2/TPCMHF7114/ENA.INN/IIM.INCA/3/IIM.ENA/4/OJI/5/YUCADIA/6/KAR/GALE/CIR/KAR)/(KAR/RARAMURI//X93AB.47=UFR95.88.1980/GUAIBA.SEL.1/CTC.84B993)

Su pedigrí es el siguiente: AVEINIFAP-2013-110-15C-0R-0C-0R-2C-0C

La línea experimental se evaluó durante los ciclos P-V del 2018 al 2024 en los Ensayos Uniformes de Avena, del 17voEUAVENA al 23voEUAVENA. Se comparó junto con 10 variedades testigo en 56 ambientes de producción bajo temporal de los estados de Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, México, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas.

Resultados y discusión

ÓNIX superó el rendimiento de grano promedio de las variedades testigo (Cuadro 1) en 33 %, superioridad que fue desde el 17 % (Ágata) hasta 73 % (Ópalo); esa ventaja se expresó en ambientes Favorables,

Intermedios y Críticos de producción, mostrando mejor comportamiento en los ambientes críticos de producción, en donde se presentaron condiciones de sequía o incidencia severa de roya del tallo. La siembra de ÓNIX en sustitución de las variedades testigo permitirá incrementar la productividad en los porcentajes reportados en cada una.

En el Cuadro 2 se presenta el rendimiento de grano y forraje de ÓNIX y cinco variedades testigo evaluadas en cinco localidades, en donde se observa que, en la producción de grano, la nueva variedad superó ampliamente el rendimiento de Turquesa, Ágata y Jade, igualando la productividad de Rubí y Zafiro, mientras que en la producción de forraje ÓNIX superó ampliamente el rendimiento de Turquesa y Jade, igualando la productividad de Zafiro y Rubí, destacándose como una variedad adecuada para la producción de forraje y grano. El Índice de Cosecha de las variedades evaluadas es muy semejante, de 0.315 a 0.341, lo que indica que en las cinco variedades evaluadas la relación de forraje-grano es muy semejante.

Cuadro 1. Rendimiento de grano (kg/ha) de ÓNIX y variedades testigo evaluada en 56 ambientes de temporal de P-V2019 a P-V/2024.

Variedad	Gral56	%/Onx	Fav14	%/Onx	Int24	%/Onx	Cri18	%/Onx
ÓNIX	3012	……	3810	……	3087	……	2298	……
Ágata	2501	-17	3500	-8	2413	-22	1814	-21
Turquesa	2471	-18	3368	-12	2466	-20	1784	-22
Teporaca	2405	-20	3211	-16	2493	-19	1723	-25
Jade	2341	-22	2992	-21	2415	-22	1750	-24
Diamante	2176	-28	2764	-27	2261	-27	1621	-29
Obsidiana	2090	-31	2815	-26	2083	-33	1486	-35
Karma	2168	-28	2905	-24	2195	-29	1581	-31
Chihuahua	1851	-39	2520	-34	1935	-37	1270	-45
Avemex	1367	-55	2041	-46	1362	-56	804	-65
Ópalo	817	-73	1250	-67	799	-74	510	-78
Promedio	-33		-28		-34		-38	

Gral56 = rendimiento de grano en general de 56 ambientes; %/Onx = porcentaje sobre ÓNIX; Fav14= rendimiento de grano de 14 ambientes favorables; Int24= rendimiento de grano de 24 ambientes intermedios; Cri18= rendimiento de grano de 18 ambientes críticos

Cuadro 2. Rendimiento de grano y forraje de ÓNIX y variedades testigo en cinco localidades de temporal, P-V/2024.

Variedad	KghaGr	kghaFor	IC	RngRGr	RngRFor
Turquesa	3070	9280	0.331	2136-4499	7414-11508
Ágata	3123	9906	0.315	2156-4327	7206-11202
Jade	2877	9000	0.320	1806-4170	7471-11803
Rubí	3679	10762	0.342	3056-5080	8984-12103
Zafiro	3773	11431	0.330	3072-4635	10288-12527
ÓNIX	3878	11357	0.341	3003-5368	9276-13503

kghaGr = rendimiento de grano; kghaFor = rendimiento de forraje; IC = índice de cosecha; RngRGr = Rango rendimiento de grano; RngRFor = rango rendimiento de forraje.

REACCIÓN A ENFERMEDADES

ÓNIX se evaluó ante la incidencia de royas del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *avenae*) y de la corona (*Puccinia coronata*), y de tizones o manchas foliares causados por *Helminthosporium avenae, Septoria avenae* y *Colletotricum graminicola*. En el Cuadro 3 se observa que presentó resistencias a roya del tallo, patógeno que produce grandes pérdidas en variedades susceptibles en siembras de temporal, lo que se convierte en su principal ventaja sobre las variedades testigo. En roya de la corona fue el genotipo más resistente y con respecto a enfermedades foliares, igualó la tolerancia de las mejores variedades testigo.

Cuadro 3. Respuesta de ÓNIX y variedades testigo a la reacción a enfermedades en 56 ambiente de temporal de P-V/2019 a P-V/2024.

Variedad	Roya del Tallo	Roya Hoja	Foliares
ÓNIX	0R a 10MR	1R-20MR	6/50 (T)
Ágata	10MR-40S	10R -20MR	6/40 (T)
Jade	10MS-60S	10R -30MS	6/50 (T)
Turquesa	20MR-60S	10R -30MS	6/60 (T)
Obsidiana	10MS-70S	20MR-40S	6/30 (T)
Karma	10MS-70S	10R-50S	7/50 (MS)
Avemex	20MS-80S	20MS-70S	6/50 (T)
Teporaca	10MS-50MS	20MS-70S	7/60 (MS)
Diamante	5R-30MR	20MR-50MS	7/60 (MS)
Chihuahua	40S-100S	50S-100S	7/60 (MS)
Ópalo	70S-100S	60S-100S	6/50 (T)

Lecturas de royas de 0 a 100 % de incidencia; R = Resistente; S = Susceptible; MR = Moderadamente Resistente; MS = Moderadamente susceptible; T = Tolerante; Reacción a foliares es la lectura máxima observada en donde se presentó *Helminthosporium, avenae, Septoria avenae* y *Colletotricum graminicola.*

Conclusiones

ÓNIX es una nueva variedad de avena resistente a roya del tallo, lo que le permite alcanzar altos rendimientos de forraje y grano, que en 56 evaluaciones bajo temporal superó el rendimiento grano de las variedades testigo. Su siembra se recomienda en ambientes de temporal en todas las regiones productoras de avena en México.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento con recursos fiscales del INIFAP “Generación de variedades de avena para incrementar la productividad en México” con número de proyecto SIGI: 9165636496

Referencias bibliográficas

Huerta E., J. y Singh, R. P. 2000. Las royas del trigo. *In:* El trigo de temporal en México. Villaseñor M.H.E. y Espitia R.E. (Eds.). SAGAR-INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. México. pp. 231-251.

SIAP (Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (enero 2024).

Villaseñor M. H. E., Huerta E. J., Rodríguez G. M. F., Hortelano S. R. R, Martínez C. E. y Espitia R. E. 2009. Programa nacional de mejoramiento genético de avena en México: historia y aportaciones. In: Reseña histórica 66 años al servicio de México 1943-2009. CEVAMEX. Publicación especial. INIFAP. pp. 33-43.

Villaseñor M. H. E., Huerta E. J., Rodríguez G. M. F., Hortelano S. R. R., Espitia R. E. y Martínez C. E. 2021. Mejoramiento genético de avena en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación especial núm. 25 p.21-25. Ensayo.

Zamudio C. A., Huerta E. J., Espitia R. E., Hortelano S. R., Sandoval I. S. y Villaseñor M. H. E. 2023. Identificación de razas fisiológicas de *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Erikss & Henning causante de la roya del tallo de avena (*Avena sativa* L.) en los Valles Altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana 46:409-417, https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.409

SELECCIÓN DE CRUZAS INTERVARIETALES DE MAÍZ CON GRANO Y OLOTE MORADO

Alejandro Ledesma-Miramontes[1*], José Luis Ramírez-Díaz[1], Ivone Alemán-de la Torre[1], Miguel Ángel Martínez-Ortiz[1], Yolanda Salinas-Moreno[1], Cesar Emmanuel Castellanos-Hernández[2], Alejandro García-Ramírez[3] y Víctor Antonio Vidal-Martínez[4]

[1]INIFAP CIRPAC Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, [2]U de G Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, [3]INIFAP CIRPAC Campo Experimental Uruapan, [4]INIFAP CIRPAC Campo Experimental Santiago Ixcuintla.
*Autor para correspondencia: ledesma.alejandro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Antocianinas, diversidad, mejoramiento poblacional.

Introducción

El maíz de grano pigmentado presenta tonalidades que van del rojo al morado oscuro en grano y olote, debido a compuestos fenólicos como las antocianinas, que poseen propiedades antioxidantes con beneficios para la salud humana (Li *et al*., 2008). Los maíces pigmentados provienen de maíces nativos que no han sido adaptados a sistemas de producción intensivos, ni al manejo industrial del grano. Entre sus limitaciones agronómicas destacan: altura de planta y mazorca muy alta, susceptibilidad al acame de raíz, tallo y pudriciones de mazorca, adaptación restringida y textura del grano predominantemente harinosa, poco adecuada para la industria (Ramírez *et al*., 2025). En este contexto, es importante desarrollar variedades mejoradas con grano y olote morado que combinen potencial de rendimiento alto, tolerancia al acame y a enfermedades; así como, alto contenido de antocianinas. En el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del CIRPAC se trabaja con germoplasma pigmentado para generar nuevas variedades de maíz y aumentar el contenido de antocianinas en grano y olote. Al respecto, se generaron las poblaciones pigmentadas Morado 1 (M1) y Morado 2 (M2), y se introdujo la población Morada Iguala (MI), de estas destaca M2 por su porte de planta y tolerancia al acame, pero las tres poblaciones tienen bajo rendimiento y menor contenido de antocianinas que la población original (PO), por tanto, se hicieron cruzas interpoblacionales con la población M2, con la finalidad de aumentar rendimiento de grano, obtener líneas más productivas y con mayor contenido de antocianinas.

Objetivo

Evaluar y seleccionar, a través de años, las cruzas intervarietales y sus poblaciones progenitoras con mejores características agronómicas de planta y alto rendimiento de grano.

Materiales y métodos

En el ciclo agrícola de primavera-verano (PV) 2022, en el Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco ubicado en el municipio de Tepatitlán, Jal. (20º 52' 23'' N, 102º 42' 49'' O; altitud 1950 m), se formaron a partir de las poblaciones Morado 1 (M1), Morado 2 (M2), Morado original (MO), Morado Iguala (MI) las cruzas intervarietales: M1 x MI, M2 x MI, M2 x MO, M2 x M1. En PV 2023 y 2024, se evaluaron, en temporal, las poblaciones progenitoras, sus cruzas interpoblacionales y dos híbridos experimentales de cruza simple, uno de grano morado (HSM) y otro rojo (HSRO). Los experimentos se sembraron en junio 30 en 2023 y en julio 2 en 2024. Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones. Tamaño de parcela dos surcos de 4.0 m de largo, en 2023, y 5.0 m en 2024, respectivamente, la distancia entre surcos fue de 0.80 m. La densidad de población fue de 72,800 plantas/ha. El manejo agronómico de los experimentos se hizo de acuerdo con las recomendaciones generadas por el Programa de maíz del INIFAP para Tepatitlán, Jal. Se tomaron datos agronómicos de planta y mazorca tales como: número de días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), porcentaje de acame de raíz (AR) y tallo (AT), porcentaje de plantas horras (PPHO) y rendimiento de grano (REND) en peso seco (kg ha^{-1}). Se hizo análisis de varianza combinado y comparación múltiple de medias con la prueba de la Diferencia Mínima Significativa al 0.05 de probabilidad. Se utilizó el software estadístico SAS (SAS, 2013).

Resultados y discusión

En el análisis de varianza hubo diferencias significativas en casi todas las variables, excepto para las variables AR y PPHO en repeticiones (amb), en FF, AP y AR para años y en genotipos hubo significancia para todas las variables, lo cual indica que las variaciones ambientales de los años modificó el

comportamiento de las variables, y los genotipos fueron diferentes, entre si, en todas las características evaluadas; mientras que, en la interacción genotipo x año, no hubo significancia en ninguna de las variables, lo que muestra que el REND y las características agronómicas se comportaron estables en los dos años de prueba (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis combinado de características agronómicas de cruzas intervarietales y poblaciones de maíz con grano y olote morado. Tepatitlán, Jal. PV 2023 y 2024.

FV	GL	REND	FM	FF	AP	AM	AR	AT	PPHO
Rep (amb)	4	2023133*	22.7**	40.3**	4093**	3053**	330	62.4*	61
Año	1	7156688**	45.1**	4.8	1467	1408*	113	198.7**	449**
Genotipo	9	7399949**	8.9**	25.3**	2974**	1286**	545*	48.2*	206**
Genotipo x año	9	809278	2.4	4.3	633	309	162	21.2	53
Error	36	723960	1.9	2.6	418	307	155	20	71
CV (%)		20.3	1.8	2.1	6.8	11.5	77.7	98.6	74.1
R^2		0.77	0.78	0.82	0.77	0.72	0.58	0.60	0.54

*, ** Valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; REND = Rendimiento de grano; FM = Número de días a floración masculina; FF = Número de días a floración femenina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; AR = Porcentaje de acame de raíz; AT = Porcentaje de acame de tallo; PPHOR = Porcentaje de plantas horras.

En ambos años se obtuvieron medias bajas en REND, pues en 2023 hubo periodos de sequía a través del ciclo del cultivo y en 2024, hubo sequía terminal a partir de la primera semana de octubre. La media más alta en REND se registró en 2024 debido a que hubo 171 mm más de precipitación que en 2023, esta diferencia explica porque en 2023 hubo mayor AT y PPHO que en 2024 (Cuadro 1).

Cuadro 2. Rendimiento de grano y características agronómicas de cruzas intervarietales y poblaciones de maíz con grano y olote morado en función del año de prueba. Tepatitlán, Jal. 2023 y 2024.

Año	REND	HUM	FM	FF	PL	MZ	AR	AT	PPHO
2023	3850b	20ª	74b	77	298	158a	17	6a	14a
2024	4541a	11b	76a	78	307	148b	15	3b	9b
DMS(0.05)	446	0.5	0.7	ns	ns	9	ns	2	4

Medias en columna con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. REND = rendimiento de grano al 12 % de humedad (kg ha^{-1}); FM = Núm. de días a floración masculina; FF = Núm. de días a floración femenina; AP = altura de planta (cm); AM = altura de mazorca (cm), AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo y PPHO = porcentaje de plantas horras.

No hubo diferencias significativas en REND entre las cruzas intervarietales (CI), la media más alta se registró en M1 x M2 (5,414 kg ha^{-1}) y fue estadísticamente igual al testigo HSM (5,411 kg ha^{-1}). En características agronómicas, la CI M2 x MO tuvo menor AP, AM y AT y fue significativamente diferente a la CI M1 x MI e igual al resto de las cruzas. También la CI M2 x MO tuvo valores bajos de AT (13.6 %). En poblaciones, la media más alta de REND se registró en MI (3,450 kg ha^{-1}) y fue estadísticamente diferente a MO e igual al resto de las poblaciones. En características agronómicas, la población M2 fue estadísticamente diferente que el resto de las poblaciones en AP, AM, AR y AT, pero M2 fue la población más tardía, lo cual ocasionó que con la sequía tuviera porcentaje alto de plantas horras (Cuadro 3). Por otra parte, la CI M2 x MO tuvo el contenido de antocianinas en grano y olote más alto que el resto de las CI (Martínez, *et al*., 2025) y 87.6 % de heterosis en REND. Por tanto, se considera que la CI M2 x M1 sería la mejor cruza para obtener progenies de grano morado con más REND y contenido de antocianinas, pero deberá enfatizarse más en la selección para precocidad y tolerancia al acame.

Conclusiones

La cruza intervarietal M2 x Mo es la más adecuada para obtener progenies con alto rendimiento de grano y mejores características agronómicas, pues su rendimiento fue significativamente igual que la mejor cruza M1 x M2, tuvo menor media de altura de planta, mazorca y más tolerancia al acame de tallo. La ausencia

de interacción genotipo x ambiente en las variables evaluadas confirma que las diferencias entre genotipos no variaron en los dos años de prueba.

Cuadro 3. Rendimiento de grano y características agronómicas de cruzas intervarietales y poblaciones de maíz con grano y olote morado. Tepatitlán, Jal. Promedio de dos años de prueba. PV 2023 y 2024.

GENEALOGIA	REND	FM	FF	AP	AM	AR	AT	PPHO
Morado 2 x Morado 1	5414	74	75	308	155	13.0	5.2	7
Morado 2 x Morado Iguala	4840	75	76	313	163	24.3	3.4	13
Morado 2 x Morado (original)	4824	74	76	294	145	13.6	3.6	9
Morado 1 x Morado Iguala	4605	73	75	329	171	20.4	10.0	7
Media cruzas intervarietales	**4921**	**74**	**76**	**311**	**159**	**17.8**	**5.6**	**9**
Maíz Morado Iguala	3450	76	78	334	172	30.8	6.7	20
Morado 1	3373	75	79	291	153	13.4	7.1	13
Morado 2	2855	76	81	255	121	3.7	1.5	20
Morado (original)	2287	74	77	300	151	27.6	4.3	14
Media de poblaciones moradas	**2991**	**75**	**79**	**295**	**149**	**18.9**	**4.9**	**17**
HSM	5411	75	77	292	147	2.8	2.6	3
HSRO	4894	77	79	309	151	10.4	0.6	6
Media general	4195	75	77	302	153	16.0	4.5	11
CV (%)	20.3	1.8	2.1	6.8	11.5	77.7	98.6	74.1
DMS (0.05)	996	2	2	24	21	14.6	5.2	10

REND = rendimiento de grano al 12 % de humedad (kg ha^{-1}); FM = Núm. de días a floración masculina; FF = Núm. de días a floración femenina; AP = altura de planta (cm); AM = altura de mazorca (cm), AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo y PPHO = porcentaje de plantas horras.

Agradecimiento y fuente de financiamiento

INIFAP a través del Proyecto Fiscal con Núm. de SIGI: 1565935830, y al CIMMYT por el financiamiento parcial mediante el convenio INIFAP-CIMMYT GMP-2023-143.

Referencias bibliográficas

Li C. Y., H. W. Kim, S. R. Won, H. K. Min, K. J. Park, J. Y. Park, ... and H. I. Rhee (2008). Corn husk as a potential source of anthocyanins. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56:11413-11416, https://doi.org/10.1021/jf802201c.

Martínez-Ortiz, M. A, Y. Salinas-Moreno, J. L. Ramírez Díaz, A. Ledesma Miramontes y I. Alemán-de la Torre **(**2025**).** Contenido de antocianinas en grano y olote, en poblaciones de maíz morado y sus cruzas. 60ª Reunión Nacional de Investigación, Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera. INIFAP. San Luis Potosí, Mex.

Ramírez D., J. L., Ledesma M. A., Salinas M. Y., Alemán de la T. I., Dhliwayo T. A., & Vidal M. V. (2025). Cruzas simples exploratorias de maíz morado para producción de pigmentos en pericarpio y olote. Agronomía Mesoamericana, 61186-61186.

FORMACIÓN E INTEGRACIÓN AL PROCESO DE MEJORAMIENTO DE UNA POBLACIÓN DE MAÍZ SUBTROPICAL RESISTENTE AL ACAME

José Luis Ramírez-Díaz[1], Alejandro Ledesma-Miramontes[1], Ivone Alemán-de la Torre[1], Alfonso Peña-Ramos[2], Alejandro García-Ramírez[3], Yolanda Salinas-Moreno[1], Víctor Antonio Vidal-Martínez[4] y Miguel Ángel Martínez-Ortiz[1]

[1]INIFAP CIRPAC Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, [2]INIFAP CIRNOC Campo Experimental Pabellón, [3]INIFAP CIRPAC Campo Experimental Uruapan, [4]INIFAP CIRPAC Campo Experimental Santiago Ixcuintla.
*Autor para correspondencia: ramirez.joseluis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Hibridación, mejoramiento poblacional, *Zea mays* L.

Introducción

Desde los inicios del mejoramiento genético del maíz, incrementar la tolerancia al acame de la planta ha sido una preocupación constante de los mejoradores de maíz, debido a las pérdidas económicas en rendimiento, calidad del grano e incremento en costos cosecha. Por otra parte, diferentes estudios señalan que, los aumentos logrados en producción de maíz están asociados con incrementos en la densidad de población, pero incrementar la densidad de población, aumenta el porcentaje de acame (Xue *et al*., 2017). Un enfoque para resolver el problema fue formar híbridos a partir de poblaciones integradas con progenitores resistentes al acame, como el Stiff Stalk Synthetic, (Sprague, 1946). Por otra parte, la ganancia genética en resistencia al acame fue muy baja o nula en progenitores élite con baja endogamia, cuando se continuó seleccionándolos para acame en las siguientes generaciones de autofecundación (Ramírez *et al*., 2018). Por tanto, para formar híbridos tolerantes al acame, debe partirse de poblaciones integradas con progenitores reconocidos por su tolerancia al acame en el área objetivo. Una vez creada la población, el siguiente paso será integrarla al proceso de mejoramiento, que consiste en encontrar, entre las poblaciones, aquella, que, en cruza con la nueva población, conjugue máxima heterosis en rendimiento de grano y resistencia al acame en los híbridos.

Objetivo

Crear una población de maíz resistente al acame; así como, definir la población que será su par heterótico para formar híbridos con alto rendimiento y resistencia al acame.

Materiales y métodos

Para integrar la Población Subtropical Resistente al Acame (PSRA) se seleccionaron nueve genotipos, con antecedentes de buena tolerancia al acame, cinco líneas endogámicas de grano blanco y cuatro cruzas simples de grano amarillo y se aplicó metodología siguiente: a) En 2018, en el ciclo agrícola de primavera-verano (PV), se formaron las cruzas posibles entre progenitores, sin distinción de color, a la cosecha se seleccionaron cruzas con tolerancia a pudriciones de mazorca causadas por *Fusarium spp*., b) En el ciclo de otoño-invierno (OI) 2018-2019, se sembraron, en un lote de observación, 23 cruzas seleccionadas en 2018 por sanidad de mazorca y de este grupo, se seleccionaron 10 cruzas por sanidad de mazorca y tolerancia al acame, En PV 2019, se formó un compuesto balanceado con las 10 cruzas seleccionadas, que incluyeron a cinco líneas de grano blanco y dos cruzas simples amarillas. Se obtuvo la generación F_2. Aquí se formaron dos sintéticos uno mediante cruzas fraternales y otro con líneas S_1, c) En OI 2019-2020, se derivaron líneas S_1 y S_2. En PV 2021, se obtuvieron líneas S_3, del compuesto sin recombinación, y S_2 del compuesto con recombinación, d) En el ciclo PV 2022, en Tepatitlán, Jal., se formaron cruzas interpoblacionales entre seis poblaciones de grano blanco y cuatro amarillas utilizando como probador la población (con recombinación) PSRA, y e) En PV 2024, las 10 cruzas interpoblacionales, las poblaciones progenitoras y 10 testigos se evaluaron en tres localidades: Tepatitlán, Jal., en temporal, Pabellón, Ags., en riego y Peña del Panal, Mich., en punta de riego El diseño experimental fue sub-bloques dentro de bloques con tres repeticiones. Tamaño de parcela un surco de 4.0 m, excepto en Tepatitlán que fue de 5.0 m, todos distanciado a 0.80 m. El manejo agronómico de los experimentos se hizo siguiendo las recomendaciones generadas por el Programa de maíz del INIFAP en cada localidad de prueba. Se tomaron datos agronómicos de planta y mazorca y se hizo análisis estadístico combinado de las localidades de evaluación.

La comparación de medias se hizo aplicando la prueba de la Diferencia Mínima Significativa al 0.05 de probabilidad. En este trabajo sólo se presentan resultados de las cruzas intervarietales.

Resultados y discusión

En el análisis de varianza hubo diferencias significativas para todas las variables en ambientes, genotipos y la interacción genotipo x ambiente, excepto en acame de tallo y calificación de planta para ambientes; porcentaje de acame de raíz y tallo en genotipos; en floración masculina, porcentaje de acame de raíz y tallo, y altura de planta en la interacción genotipo x ambiente. Lo cual muestra que los ambientes de evaluación fueron contrastantes y los genotipos difirieron en su comportamiento tanto *per se* como a través de ambientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística del rendimiento de grano y características agronómicas de cruzas interpoblacionales de maíz de grano blanco y amarillo usando como probador la Población Subtropical Resistente al Acame (PSRA). 2024.

FV	GL	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM	PPHOR‡	CPL‡	CMZ
Ambiente	2	979556936**	1249**	1052**	2.4**	28.6	140495**	47791**	5788**	4.0	5.2**
Bloques (amb)	6	11869361*	65.8**	58.7**	0.2	19.9	2888**	1762**	76.5*	2.1**	0.24
Sub-bloques (bloq amb)	45	2698254	23.8**	11.0**	0.3	17.8	899**	805**	41.7*	0.5**	0.36**
Genotipos	29	51635307*	24.2**	32.8**	0.4	18.5	946**	376**	52.8**	1.6**	1.44**
Genotipos x Ambiente	58	8898762*	3.3	4.5**	0.4	18.5	322	275**	48.5**	0.7**	0.30**
CV (%)		22.9	2.1	2.0	876.5	1373.0	6.0	9.1	86.7	14.0	13.9
R2		0.94	0.93	0.93	0.43	0.51	0.93	0.92	0.83	0.87	0.85

*, ** Valores significativos al 0.05 y 0.01 de probabilidad. ‡ Sólo se evaluaron en dos localidades. FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; REND = rendimiento de grano; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; PPHOR = porcentaje de plantas horras; CPL = calificación de planta. Donde. 1 = completamente sana y 5 = completamente enferma; CMZ = calificación de mazorca. Dónde: 1 0 mazorca completamente sana, y 5 = completamente podrida.

En Pabellón se registró la media más alta de rendimiento de grano (9,632 kg ha^{-1}), lo cual era de esperarse, pues tuvo un manejo sin limitaciones de humedad y nutrientes, seguido de Peña del Panal (7,480 ha^{-1}) y en Tepatitlán se obtuvo la media de rendimiento más baja (3,155 ha^{-1}), debido a que se sembró de temporal y hubo sequía terminal en la etapa de llenado de grano, lo cual explica el porcentaje alto de plantas horras. En cuanto al acame, que era la variable de interés, en Tepatitlán fue donde se presentó, pero en porcentajes muy bajos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de grano y características agronómicas de cruzas intervarietales y poblaciones de maíz de grano blanco y amarillo usando como probador la población PSRA, en función de la localidad de evaluación. 2024.

Localidad	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM	PPHOR	CPL	CMZ
Pabellón R	9632a	77.6b	79.4b	0.0b	0.0	289a	145a		3.2a	2.8b
Peña del Panal PR	7480b	77.0c	77.7c	0.0b	0.0	213b	99c	0b		3.0a
Tepatitlán T	3155c	83.7a	84.3a	0.3a	1.0	270c	115b	11a	2.9b	2.5c
DMS (0.05)	546	0.6	0.6	0.3	Ns	5	4	1	0.1	0.1

Medias en columnas con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad.
R = riego, PR = punta de riego y T = temporal.

En el análisis combinado del rendimiento de grano (REND), no hubo diferencias significativas entre las medias de las cruzas intervarietales de grano blanco, la media más alta se obtuvo con la cruza PGB-2 RC_1 F_1 x PSRA (8,621 kg ha^{-1}), y B-48BR RC_1 C_1 F_2 x PSRA tuvo la más baja (5,954 kg ha^{-1}). En la interacción genotipo x ambiente, se observó que, en Pabellón, ambiente de riego, PGB-2 RC_1 F_1 x PSRA fue muy superior al resto de las cruzas, pero redujo mucho su REND en Peña del Panal. La cruza ST R3 F_2 x PSRA podría ser una segunda opción para combinarse con la PSRA, pues, tiene REND promedio (8,371 kg ha^{-1})

similar a PGB-2 RC_1 F_1 x PSRA, pero menos interacción con el ambiente, el resto de las cruzas tuvo medias de REND más bajas y comportamiento similar en los tres ambientes de evaluación (Figura 1).
No hubo diferencias significativas en REND promedio de grano entre las cruzas amarillas. La cruza con media más alta fue LPC1A RC_1 C_1 F_2 x PSRA (7,960 kg ha^{-1}) y la de más bajo REND B-41A RC_1 C_3 F_2 x PSRA. En el análisis de interacción, la cruza LPC1A RC_1 C_1 F_2 x PSRA sobresalió en riego, sin embargo, en Peña del Panal su REND fue menor que en el resto de las cruzas. La cruza B-48A RC_1 C_3 F_2 x PSRA podría ser una buena opción también para combinarse con la población PSRA, pues tiene promedio de REND similar a LPC1A RC_1 C_1 F_2 (7,669 kg ha^{-1}) y no presente interacción con el ambiente (Figura 1). El paso siguiente será seleccionar dos líneas sobresalientes de las poblaciones que mejor combinaron con PSRA para usarse como probadores con las líneas blancas y amarillas seleccionadas de la PSRA.

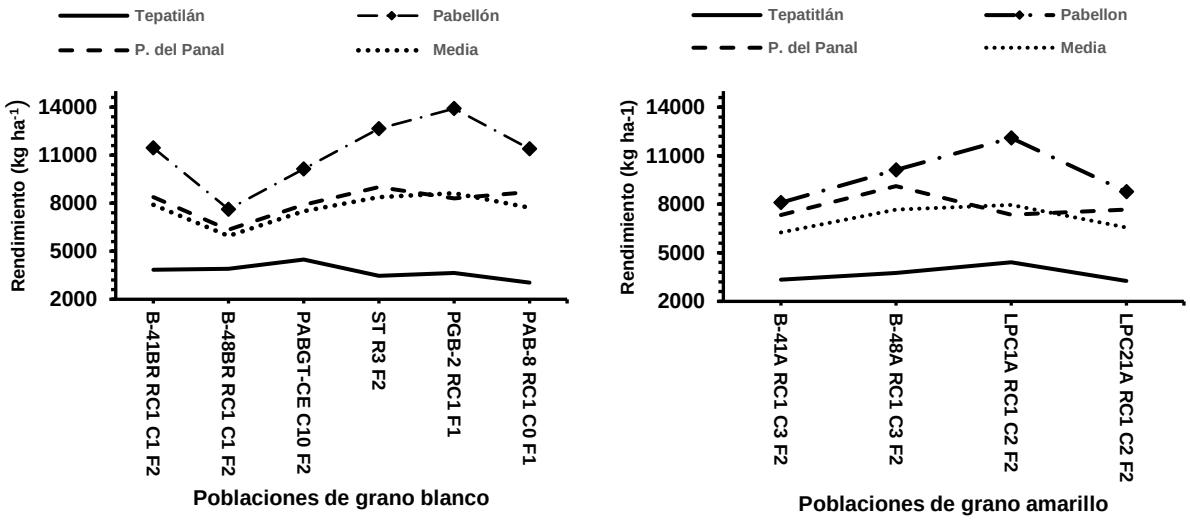


Figura 1. Rendimiento de grano de poblaciones de maíz de grano blanco (izquierdo) y amarillas (derecho) en cruza con la población PSRA evaluadas en tres ambientes. 2024.

Conclusiones

Las poblaciones de grano blanco PGB-2 RC_1 F_1 y amarillo LPC1A RC_1 C_1 F_2 son las que mejor combinaron con la PSRA en ambientes de riego. Pero, las poblaciones de grano blanco ST R3 F_2 y amarillo B-48A RC_1 C_3 F_2 son buena alternativa para combinarse con PSRA porque tienen media de rendimiento alta a través de ambientes y menor interacción con el ambiente.
Se logró integrar la población PSRA al programa de mejoramiento genético de maíz del CIRPAC, pero no fue posible evaluar su tolerancia al acame porque no hubo acame en los tres ambientes de evaluación.

Agradecimientos y fuente financiadora

INIFAF, a través del Proyecto fiscal con Núm. de SIGI: 1565935830, y parcialmente financiado por el CIMMYT mediante los convenios INIFAP-CIMMYT GMP-222-113 y GMP-2023-143.

Referencias bibliográficas

Ramírez-Díaz, J. L., A. Ledesma-Miramontes A., V. A. Vidal-Martínez V. A., I. Alemán-de la Torre, N. O. Gómez-Montiel, J. A. Ruiz-Corral y Y. Salinas-Moreno. (2028) Mejoramiento del progenitor parcialmente endogámico de maíz B-3A para tolerancia al acame. Revista Fitotecnia Mexicana. 41 (4): 413-421.

Sprague G. F. (1946) Early testing of inbred lines of corn. Journal of the American Society of Agronomy 38:108-117.

Xue J., R. Z. Xie, W. F. Zhang, K. R. Wang, P. Hou, B. Ming, L. Gou and S. K. Li. (2017) Research progress on reduced lodging of high yield and density maize. Journal of Integrative Agriculture 16:2717-2725.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LÍNEAS EXPERIMENTALES DE JITOMATE BAJO INVERNADERO

Neymar Camposeco Montejo*[1], Perpetuo Álvarez Vásquez[2], Antonio Flores Naveda[1], Josué Israel García López[1], María del Pilar Marín Cortez[$], Xóchitl Ruelas Chacon[3]

[1]Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de semillas, [2]Departamento de Recursos Naturales Renovables, [3]Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos [4]Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, C.P. 25315 Saltillo, Coahuila, México.
*Autor principal y de correspondencia: neym_33k@hotmail.com

Palabras clave: Mejoramiento genético, caracterización, selección, *Solanum lycopersicum*.

Introducción

El jitomate destaca entre los cultivos con mayor volumen de producción en el mundo y, al igual que el maíz, el trigo, el frijol, constituye un alimento esencial en muchas culturas y comunidades. En la actualidad, México se ubica entre los diez principales países productores de este fruto (CIAD, 2024). En 2023 se destinaron para su cultivo 49, 522 has, los estados que lideran su cultivo son; Sinaloa con 11,843 has, Michoacán con 7,689, San Luis Potosí 3,228, Baja California Sur 2,679 y Sonora con 2,474 has (SIAP, 2023). México es centro de domesticación y diversificación, posee amplia diversidad genética tanto de especies domesticadas como silvestres, además de materiales mutantes recombinantes y exóticos (González-Pérez *et al.*, 2021). La evolución y amplia distribución de los parientes silvestres del jitomate, así como sus variedades cultivadas dieron lugar al aumento de la productividad y de la variabilidad (Zavala-Gallegos, 2023). Los parientes silvestres del tomate han sido objeto de numerosos estudios a nivel internacional, especialmente enfocados en al análisis de su origen y en la identificación de genes asociados con características de interés agronómico para programas de mejoramiento genético de este cultivo. No obstante, en el contexto nacional, existe limitada investigación en donde se hayan evaluado bajo condiciones controladas, con el propósito de integrarlas de manera sistemática en estrategias de mejoramiento genético del jitomate (Flores-Hernández *et al.,* 2017). De igual forma, la amplia distribución geográfica actual del cultivo de jitomate ha favorecido el desarrollo de poblaciones con distintos grados de adaptación a condiciones abióticas extremas y resistencia a plagas y enfermedades, lo que ha incrementado la variabilidad de la especie, que pudiera ser usada en los programas de mejora genética (Castañeda-Villa, 2021). Por lo anterior, el objetivo de fue evaluar líneas de jitomate con base su comportamiento agronómico bajo condiciones de invernadero, a fin de identificar progenitores potenciales para la generación de híbridos sobresalientes.

Materiales y métodos

Localización de las áreas de estudios. El presente trabajo se realizó en un invernadero de baja tecnología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Material genético y preparación de las semillas. Se usaron ocho líneas experimentales de jitomate pertenecientes al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Granos y Semillas de la UAAAN. Identificados como TR-001, TR-002, TR-003, TR-004, TR-005, TR-006, TR-007, TR-008, líneas que se encuentran en generación filial cinco.

Establecimiento del cultivo. La siembra se realizó el 18 de febrero del 2023, se sembró la semilla de las ocho líneas en charolas de poliestireno de 200 cavidades con un sustrato compuesto de 70% peat moss y 30% de perlita, humectado a capacidad de campo previo a la siembra, posterior a la emergencia se mantuvo siempre el sustrato con suficiente humedad y con los nutrientes adecuados hasta el trasplante. El 22 de marzo se llevó a cabo el trasplante en bolis de fibra de coco de capacidad de 20 litros. La nutrición del cultivo se basó en una solución nutritiva tipo Steiner, se aplicó en diferentes porcentajes, se inició con el 50% (trasplante), posteriormente con el 75% (Inicio de floración) y finalmente con el 100% (Fructificación), manteniendo un rango de pH de entre 5.9 y 6.2 y con conductividad eléctrica de 1.5-2.7 dS/m. Se realizó una poda de formación y se eliminaron los brotes bajo el primer racimo floral, el tutoreo fue tipo español. La cosecha se realizó de forma manual cortando los frutos que tuvieron una coloración superior al 60% en su superficie.

Diseño experimental. Para el presente trabajo, se utilizó el diseño experimental y modelo estadístico completamente al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, para el análisis de los datos

(ANOVA $p \leq 005$) se utilizó el sistema de análisis estadístico INFOSTAT® 2020, y para la comparación demedias se utilizó la prueba Tukey con un nivel de significancia al 0.05.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de varianza ($p \leq 0.05$) indica diferencias significativas en la mayoría de las variables evaluadas, a excepción de diámetro ecuatorial. En la Figura 1, se pueden observar los resultados para cada variable estudiada. En número de fruto por planta destaca la línea TR-006, mientras que la de menor respuesta fue TR-008, en cuanto a peso promedio de fruto TR-008 resulto superior, en tanto que TR-006 fue el de menor peso. La línea TR-006 presentó mayor rendimiento por planta y por ende el rendimiento calculado con más de 75 t ha^{-1}, seguido de TR-007 y TR-005 que son superiores al resto de las líneas, mientras que las de menor rendimiento fueron TR-002, TR-003 y TR-004. En cuanto a diámetro polar de fruto, con excepción de la línea TR-002 que fue menor, el resto de las líneas se mantuvieron en el mismo grupo estadístico. En diámetro ecuatorial de fruto no se observaron diferencias estadísticas entre las líneas. En cuanto a semillas por fruto, con excepción de la línea TR-008, todas las líneas mostraron un comportamiento estadístico similar, aunque entre ellas destaca TR-003. En cuanto grosor de mesocarpio, se aprecia un comportamiento similar entre las líneas con excepción de TR-002 y entre ellas destaca TR-006.

Conclusiones

El comportamiento agronómico de las líneas fue variable en la mayoría de los caracteres evaluados, esto indica que existe variabilidad genética entre las líneas evaluadas, esta variabilidad pudiera ser utilizada para la generación de materiales nuevos con un alto potencial reproductivo, pudiendo ser utilizados ya sea como variedad o como híbridos de alto potencial de rendimiento.

La línea con mayor potencial en base a componentes de rendimiento es TR-006 que destaca en número de frutos por planta, kg $planta^{-1}$, rendimiento calculado t ha^{-1} y grosor del mesocarpio, mientras que la línea TR-008 es superior en peso promedio del fruto y diámetro polar. Para la producción de semilla la línea TR-003 mostro buen desempeño. En número de lóculos TR-004.

Referencias bibliográficas

Castañeda-Villa, A. M. (2021). Selección de Líneas Avanzadas de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tipo Saladette con Base Genética Ampliada. Colegio de Postgraduados. Disponible en: http://193.122.196.39:8080/bitstream/handle/10521/4955/Castaneda_Villa_AM_MC_RGP_Genetica_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Flores-Hernández, L. A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J., Molina-Galán, J., Sargerman-Jarquin, D., & Velazco-Alvarado, M. (2017). Parientes Silvestres del Tomate Como Fuente de Germoplasma Para el Mejoramiento Genético de la Especie. Revista Fitotecnia Mexicana, 40(1), 83-91. https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/40-1/9r.pdf

González-Pérez, E., Ramírez-Meraz, M., Canul-Ku, J., Flores-López, R., & Macias-Valdez, L. M. (2021). Aportaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias al mejoramiento genético de hortalizas. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 12(25), 1-13. Obtenido de Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas: https://doi.org/10.29312/remexca.v12i25.2802.

Zavala-Gallegos, M. d. (2023). Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Obtenido de Caracterización Morfológica del Fruto de Líneas Avanzadas de Jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) Nativo del Sureste de México: https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/6102

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2025. Anuario estadístico de la producción agrícola, Servicio de información agroalimentaria y pesquero. Consulta realizada 30 de abril 2025. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). (2024). El cultivo de tomate en México retos y oportunidades frente a enfermedades producidas por virus. Obtenido de https://www.ciad.mx/el-cultivo-de-tomate-en-mexico-retos-y-oportunidades-frente-a-enfermedades-producidas-por-virus/

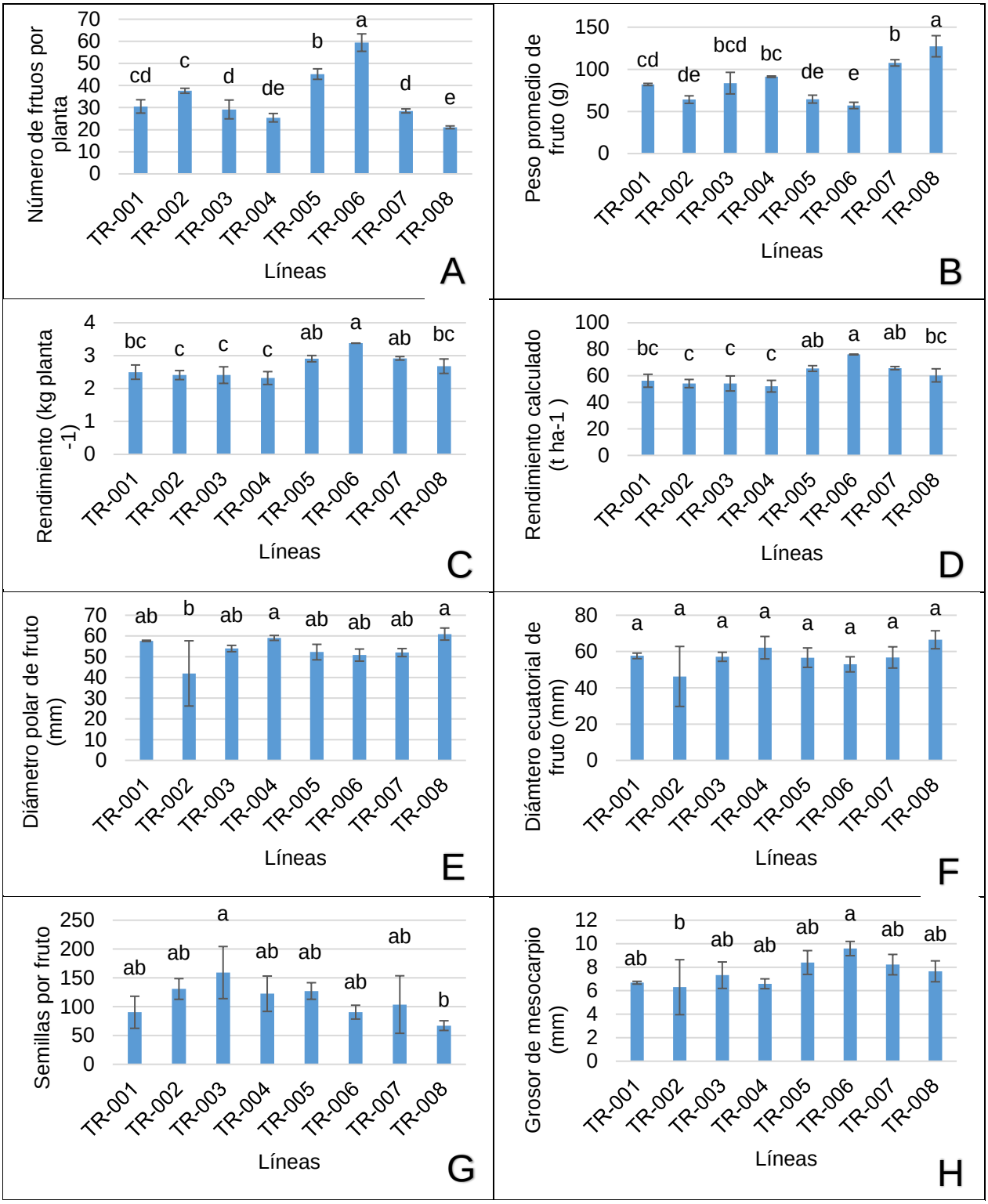


Figura 1. Prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$), de número de frutos por planta (1A), peso promedio de fruto (1B), rendimiento por planta (1C), rendimiento calculado en t ha^{-1} (1D), diámetro polar de fruto (1E) diámetro ecuatorial de fruto (1F), semillas por fruto (1G) y grosor de mesocarpio (1H) de ocho líneas experimentales de jitomate probados en condiciones de invernadero.

PLASTICIDAD METABÓLICA DE *Arabidopsis thaliana* BAJO ESTRÉS POR DEFICIENCIA DE NITRÓGENO

Jorge David Cadena-Zamudio[1*], Marco Antonio Ramírez-Mosqueda[1], José Luis Aguirre-Noyola[1], Alma Armeta-Medina[1], María Isabel Iñiguez-Luna[2]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, CNRG-INIFAP; [2]Grupo Interdisciplinario de Investigación de *Sechium edule* en México.
*Autor para correspondencia: cadena.jorge@inifap.gob.mx

Palabras clave: Estrés abiótico, metabolómica no dirigida, plasticidad metabólica.

Introducción

Las plantas, como organismos sésiles, han desarrollado mecanismos sofisticados para adaptarse y sobrevivir en ambientes cambiantes. Una de sus principales estrategias es la plasticidad fenotípica, es decir, la capacidad de un genotipo para expresar distintos fenotipos según las condiciones del entorno (Pandey *et al*., 2019). Entre los factores que afectan su crecimiento y desarrollo destaca la deficiencia de nitrógeno (N), un macronutriente esencial involucrado en procesos como la arquitectura radical y la síntesis de clorofila. Más allá de los cambios morfológicos, las plantas también presentan plasticidad metabólica, que implica la reconFiguración de rutas metabólicas y la modulación de compuestos bioquímicos en respuesta al estrés abiótico. En este contexto, los metabolitos secundarios como flavonoides, terpenoides y fenilpropanoides son fundamentales para mitigar el daño oxidativo, mantener la homeostasis celular y modular la muerte celular programada (Yeshi *et al*., 2022). Para estudiar estas respuestas, la metabolómica no dirigida se ha consolidado como una herramienta clave, al permitir el análisis de un amplio rango de metabolitos sin necesidad de un blanco específico, ofreciendo una visión integral del metabolismo vegetal ante estímulos ambientales. En este estudio, se analizó la respuesta metabólica de *A. thaliana* bajo dos niveles contrastantes de nitrato (4 mM, óptimo; 0.2 mM, limitante), utilizando el genotipo silvestre (WT) Col-0, evaluando la composición metabólica de raíces y brotes mediante espectrometría de masas acoplada a UPLC en modos $ESI^{+/-}$. Así, el objetivo fue desentrañar la plasticidad metabólica inducida por la deficiencia de nitrógeno, con énfasis en el papel de los metabolitos secundarios en los mecanismos adaptativos de *A. thaliana* frente al estrés nutricional.

Materiales y métodos

Se utilizaron dos genotipos de *A. thaliana*: el ecotipo silvestre Columbia-0 (WT). Para su germinación, se realizó la una fase de desinfección con etanol al 70% durante cinco minutos, seguida de hipoclorito de sodio al 20% durante siete minutos y enjuague en agua destilada estéril. Posteriormente, las semillas fueron estratificadas a 4 °C durante 48 horas para sincronizar la germinación. Se utilizó medio Murashige y Skoog (MS) líquido (0.1X), suplementado con 5 g/L de sacarosa y vitaminas. El pH se ajustó a 5.7 y se modificaron las concentraciones de nitrato 4 mM (optimo) y 0.2 mM (estrés). El medio se esterilizó por autoclave a 121 °C durante 21 minutos. Hecho lo anterior se construyeron las cámaras hidropónicas con vasos de polietileno de alta densidad. Cada cámara fue llenada con 400 mL de medio nutritivo, asegurando el contacto con de la semilla con el medio. Las plantas crecieron en condiciones controladas (22 °C, fotoperiodo de 16/8 h luz-oscuridad, con intensidad lumínica de 100 µmol m^{-2} s^{-1}) en una cámara de crecimiento. Las muestras se recolectaron a los 15 y 30 días después de la germinación (dag), con 12 réplicas biológicas. Posteriormente, las muestras fueron liofilizadas durante cinco días a -35 °C bajo vacío (0.017 mBar), hasta obtener un peso seco aproximado de 100 mg por muestra. El material fue pulverizado y sometido a extracción asistida por solvente, empleando metanol grado HPLC como disolvente. Los extractos fueron almacenados a -20 °C hasta su análisis. Para el análisis metabolómico no dirigido, se utilizó un sistema cromatográfico Waters UPLC clase I acoplado a un espectrómetro de masas tipo Q-TOF Synapt G2-Si, con fuente de ionización por electrospray en modos $ESI^{+/-}$. Los datos obtenidos fueron procesados con el sofware RStudio (versión 4.3.0) y Python (3.13.5), utilizando paquetes como KEGGREST, pathview, ggplot2, circlize entre otros (Cadena-Zamudio *et al*., 2023).

Resultados y discusión

Los resultados del análisis metabolómico, identificaron un total de 7928 señales espectrométricas (3407 en modo ESI^+ y 4521 en ESI^-), y se observó que la mayor riqueza de metabolitos (m/z_rt) correspondió a WT bajo 4 mM de nitratos. Estas diferencias fueron corroboradas en los análisis de PLS-DA donde se identificó

una clara separación de grupos metabólicos entre concentraciones (Figura1) evidenciando que la concentración limitante de nitratos tiene un efecto significativo sobre la composición metabólica. La varianza explicada en el componente predictivo (Valor T) es del 6 %, mientras que la componente ortogonal, que representa variación no relacionada directamente con la clasificación, explica un 19.6 %. Esto sugiere que, aunque la discriminación es efectiva, existe una proporción considerable de variabilidad metabólica atribuible a otras fuentes no directamente ligadas al genotipo u órgano.

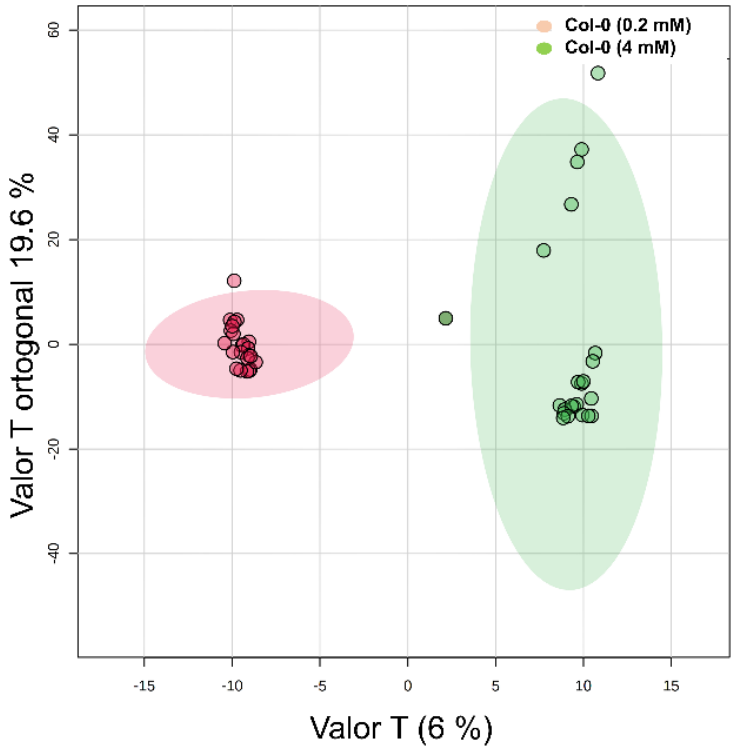


Figura 1. Análisis OPLS-DA del perfil metabolómico no dirigido de *A. thaliana* bajo condiciones contrastantes de nitrato.

Posteriormente, se realizaron análisis de volcano plot para identificar m/z_rt diferenciales. En el caso de 4 mM se observó una distribución clara y equilibrada de metabolitos con cambios significativos en ambas direcciones, mientras que en 0.2 mM los cambios fueron más numerosos, sugiriendo una respuesta metabólica más pronunciada. Por último, se realizaron análisis de anotación funcional, donde en la concentración optima de nitratos (Figura 2A), se destacan rutas como la biosíntesis de cutina, diterpenoides, fenilpropanoides, glucosinolatos y esteroides, sugiriendo una activación coordinada de rutas asociadas a la defensa estructural y química de la planta, así como a la síntesis de compuestos secundarios con funciones protectoras. En cuanto a la concentración de estrés (0.2 mM) (Figura 2B), predominan rutas como la biosíntesis de flavonoides, flavonas, terpenoides, el metabolismo y señalización del inositol, vías están vinculadas a la regulación del estrés, la señalización celular y la producción de metabolitos especializados, indicando una respuesta adaptativa distinta a la observada en la Figura 2A, probablemente relacionada con mecanismos de señalización y ajuste homeostático.
Estos patrones sugieren una respuesta adaptativa metabólica plástica, donde el perfil de metabolitos se ajusta dinámicamente a las condiciones nutrimentales. Las plantas sometidas a deficiencia de nitrógeno mostraron una acumulación diferencial de metabolitos secundarios como antocianinas, inositoles y fosfatidilinositol, que están relacionados con la respuesta al estrés oxidativo y la prevención de la muerte celular programada así como, una supresión en la síntesis de metabolitos asociados al crecimiento, lo que sugiere que, ante condiciones limitantes de nitrógeno, las plantas priorizan su supervivencia a través de una respuesta metabólica defensiva en lugar del crecimiento vegetativo.

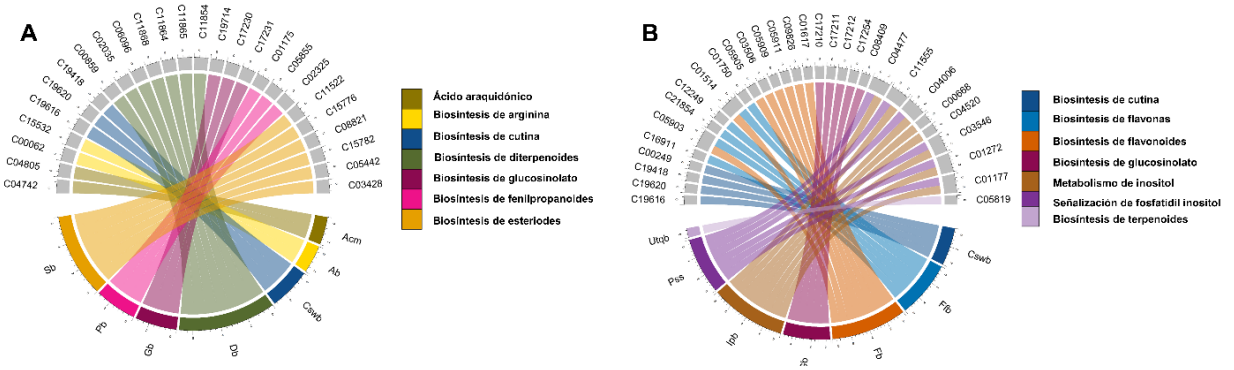


Figura 2. Diagramas tipo chord que muestran la relación entre metabolitos diferencialmente acumulados y rutas metabólicas enriquecidas para la 4mM (A) y 0.2 mM (B). Cada color representa una vía específica implicada en procesos de defensa, señalización o adaptación al estrés.

Conclusiones

Los resultados del análisis metabolómico mostraron que *A. thaliana*, prioriza la supervivencia sobre el crecimiento bajo deficiencia de nitrógeno, activando rutas metabólicas relacionadas con el estrés y deteniendo la síntesis de compuestos promotores del desarrollo. La respuesta metabólica varía entre las diferentes condiciones de nitratos, reflejando sus funciones especializadas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al Instituto de Ecología, A.C. por el acceso a su sistema de cómputo de alto rendimiento (HUTZILIN). Esta investigación fue financiada por CONAHCyT a través del Fondo Institucional FOINS 9/IV/2020, mediante los apoyos CF-2023-G-947 y 303383 (CAPT).

Referencias bibliográficas

Cadena-Zamudio, J. D., Monribot-Villanueva, J. L., Pérez-Torres, C. A., Alatorre-Cobos, F., GuerreroAnalco, J. A., & Ibarra-Laclette, E. (2023). Non-Targeted Metabolomic Analysis of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh: Metabolic Adaptive Responses to Stress Caused by N Starvation. Metabolites, 13(9), 1021.

Pandey, P. K., Yu, J., Omranian, N., Alseekh, S., Vaid, N., Fernie, A. R., ... & Laitinen, R. A. (2019). Plasticity in metabolism underpins local responses to nitrogen in *Arabidopsis thaliana* populations. Plant Direct, 3(11), e00186.

Yeshi, K., Crayn, D., Ritmejerytė, E., & Wangchuk, P. (2022). Plant secondary metabolites produced in response to abiotic stresses has potential application in pharmaceutical product development. Molecules, 27(1), 313.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SEMILLAS DE FRIJOLES NATIVOS DE LA REGIÓN TIERRA CALIENTE, ESTADO DE GUERRERO

Oscar Martín Antúnez-Ocampo[1a]*, José Luis Solís-Bonilla[1b], Juan Elias Sabino-López[2], Erika Nava-Reyna[1c], Brenda Zulema Guerrero-Aguilar[1d]

[1]INIFAP- [a]Campo Experimental Iguala, Guerrero. [b]Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas. [c]CENID-RASPA, Durango. [d]Campo Experimental Bajío, Guanajuato. [2]Universidad Autónoma de Guerrero. Guerrero. México.
*Autor para correspondencia: antunez.oscar@inifap.gob.mx

Palabras claves: Comba, frijol, Guerrero.

Introducción

A nivel mundial, se conocen alrededor de 150 especies de frijoles (*Phaseolus* sp.), de las cuales, 57 se encuentran en México, donde manifiestan gran variedad de tamaños y colores, siendo 31 endémicas y 5 las que han sido domesticadas (Delgado y Gama, 2015). Es por ello que, México es considerado como centro de origen, domesticación y de diversidad genética del género *Phaseolus*. De las taxa domesticadas del género *Phaseolus*, se encuentra el frijol comba (*Phaseolus lunatus* L.) o también conocido como frijol lima, pallar, haba pallar o frijol mantequilla, el cual se encuentra en áreas tropicales y subtropicales de México (Serrano-Serrano *et al*., 2012). Este tipo de frijol representa una de las especies más importantes que integra el sistema de producción milpa (Martínez-Castillo *et al.,* 2004) y destaca por su desarrollo vigoroso y gran variación en la forma y color del grano.

En el estado de Guerrero se cultiva en la Depresión del Río Balsas, que colinda con los estados de México y Michoacán, donde se le conoce como frijol comba y es muy aceptado por la población local; quienes lo siembran en condiciones de secano o temporal, en pequeñas parcelas ubicadas en las vegas de ríos o laderas, asociado con maíz o en unicultivo con varas como tutor. En cuanto a estudios específicos de caracterización morfológica en *P. lunatus,* se tienen los resultados de Vargas *et al.* (2003) quienes evaluaron 38 poblaciones silvestres de Costa Rica y observaron amplia variación morfológica entre y dentro de las poblaciones; así como, entre las regiones de origen. En Cuba se reportó variabilidad entre los genotipos locales de *P. lunatus*, donde se definieron seis grupos morfoagronómicos con base en 30 variables evaluadas (Castiñeiras *et al.,* 2008). La caracterización de semillas se basa en el empleo de descriptores morfológicos o fenotípicos, como la forma, el color y tamaño de la semilla; pero también se consideran atributos cuantitativos como el contenido mineral, características de interés en especies como el frijol, cuya demanda es dinámica en los mercados. Coulibaly y Lowenberg-DeBoer (2002) mencionaron que la calidad de las semillas se relaciona con las características morfológicas, como el tamaño, el color del micrópilo, el grosor y la textura de la testa. Los estudios de diversidad morfológica del frijol comba en México son limitados, especialmente en el estado de Guerrero donde se tiene más investigaciones enfocadas a frijol común (*P. vulgaris* L.) (Solano *et al*., 2009; Solano-Rodríguez y Gil-Muñoz, 2018). En este contexto, no se tienen datos sobre la diversidad de *P. lunatus* en Guerrero, aunque se sabe que los agricultores seleccionan la semilla de sus cosechas. Situación que puede afectar la diversidad genética de este tipo de frijol de la región Tierra Caliente de Guerrero, debido a la falta de conocimiento científico para conservar el recurso genético y por la sustitución de esta especie por otras de mayor comercialización.

Objetivo

Caracterizar morfológicamente la semilla de cinco poblaciones de frijol comba que se cultivan en la región Tierra Caliente del estado de Guerrero. La hipótesis planteada fue que al menos una población de frijol presenta semilla con diferente tamaño y peso.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizaron semillas de frijoles comba (*Phaseolus lunatus* L.) que fueron recolectadas directamente con agricultores de dos municipios de la región Tierra Caliente de estado de Guerrero (Cuadro 1). Los agricultores que siembran frijol comba lo siguen haciendo en sistemas tradicionales de policultivo; asociando o intercalado con maíz (*Zea mays* L.).

Factor de estudio y diseño experimental. Los tratamientos en estudio fueron los cinco frijoles comba recolectados, que localmente son conocidos por el color del grano. Para el análisis estadístico, se utilizó

un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. Cada repetición estuvo constituida por 100 semillas representativas de cada población.

Cuadro 1. Poblaciones de frijol recolectadas en municipios de la región Tierra Caliente del estado de Guerrero.

No.	Código	Nombre común	Municipio	Localidad	Altitud (m)
1	AL-1	Comba blanca	Altamirano (AL)	Cabecera municipal	253
2	AL-2	Comba blanca con negro			253
3	CC-1	Comba pinta	Coyuca de	Cabecera municipal	256
4	CC-2	Comba blanca	Catalán (CC)		257
5	CC-3	Comba negra			258

Variables en estudio y análisis de la información. La caracterización se basó en la guía de descriptores para frijol común del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2005). Las variables morfológicas evaluadas en la semilla fueron: longitud (cm), ancho (cm), grosor (cm), peso de 100 semillas (g) y peso individual de la semilla (g). La longitud, anchura y grosor se midieron con un vernier digital marca Steren® (modelo HER-411) en la parte polar y media de la semilla. El peso de 100 semillas y peso individual se cuantifico con una báscula digital marca RHINO (modelo BAR-6). En todas las variables evaluadas se utilizaron cuatro muestras representativas de 100 semillas de cada población recolectada y se obtuvo un promedio por repetición. Todas las actividades de caracterización se realizaron en las instalaciones del CE Iguala, Iguala de la Independencia, estado de Guerrero.
La información se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey al 5 %) con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1 (SAS, Institute, 2002).

Resultados y discusión
Los análisis de varianza de los componentes del tamaño y peso de la semilla mostraron un nivel de alta significancia ($\alpha \leq 0.01$) por efecto el genotipo de frijol (Cuadro 2). En general, las dimensiones de la semilla fueron diferente entre materiales, ya que la longitud osciló de 10.93 a 17.63 mm, el diámetro de 8.67-11.10 mm y el grosor de 3.53 a 4.63 mm; mientras que, el peso individual varió de 0.33 a 0.65 g, y el peso de 100 semillas fue de 27.50 a 59.67 g.

Cuadro 2. Significancia estadística de las características físicas de la semilla de poblaciones de frijol comba recolectadas en la región Tierra Caliente del estado de Guerrero.

Descripción	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Grosor (mm)	Peso (g) individual	Peso (g) de 100 semillas
Significancia	**	**	*	**	**
Intervalo	10.93-17.63	8.67-11.10	3.53-4.63	0.33-0.65	27.50-59.67
Promedio	15.73	10.37	.4.21	0.52	49.67
C.V. (%)	4	3	8.14	12	4.76
R^2	0.96	0.94	0.63	0.82	0.98

* = Significativo α ≤ 0.05. ** = altamente significativo α ≤ 0.01. C.V. = coeficiente de variación.

La mayor longitud de semilla se registró en la comba de color blanco con negro (AL-2; 1.63 mm) pero fue estadísticamente similar a las combas blancas (AL-1 y CC-2); en contraste, la menor longitud se registró en semillas de combas pinta (CC-1) y negra (CC-3), siendo esta última inferior en 38% al tamaño de AL-1. En cuanto al diámetro, las combas blancas (AL-1 y CC-2) y blanca con negro (AL-2) fueron las que registraron los valores más altos y estadísticamente iguales; no obstante, CC-1 (comba pinta) y CC-3 (comba negra) fueron los materiales con menor tamaño, donde CC-3 tuvo una diferencia de 22% con respecto al valor más alto. En grosor, todas las semillas de las poblaciones de comba fueron estadísticamente similares (4.23 a 4.63 mm), excepto la semilla de comba negra que fue estadísticamente inferior en 23% al valor máximo registrado en comba blanca (CC-2). Por otro lado, la comba de color blanco con negro (AL-2) presentó las semillas de mayor peso individual (0.65 g), siendo estadísticamente similar a las otras combas blancas (AL-1, CC-2) y pintas (CC-1), en contraste, la comba negra fue la que registro

el menor peso (0.33 g). En cuanto al peso de semillas, las combas blancas (AL-2; CC-2) y blanca con negro (AL-2) fueron las más sobresalientes estadísticamente (55.73 a 61.57 g); en cambio, las combas pinta (CC-1) y negra (CC-3) fueron los materiales que registraron el menor peso, donde CC-3 fue inferior en más del 55% al valor más alto que obtuvo CC-2 (61.57 g).

Los resultados obtenidos en los frijoles comba de la región Tierra Caliente están dentro de la descripción de Rojas-Chávez (2010) que indicó que el tamaño de la semilla oscila de 6 a 10 mm de largo, 5 a 9 mm de ancho y 1.5 a 2.5 mm de grosor que identifica al acervo genético mesoamericano, al presentar semillas pequeñas en comparación con el tipo Big Lima del acervo genético andino. Por otro lado, López-Alcocer *et al*. (2016) en 30 poblaciones silvestres de *P. lunatus* de la región occidental de México, reportó variación en el peso de 100 semillas, ya que osciló de 4.7 a 21.9 g, donde solamente un material registró un peso mayor de 21 g (código ROL 535); además, estos autores señalaron que el tamaño de semilla en frijol comba silvestre está relacionado con el desarrollo y con las mayores dimensiones de algunos de sus órganos, como hojas primarias, foliolo central y vainas (Kohashi-Shibata, 1991; White e Izquierdo, 1989). También, observaron asociación positiva entre la altitud del sitio de recolecta y las dimensiones mayores de hojas primarias, vainas, ápice y peso de semilla, por lo que señalan que la altitud (donde prevalecen climas templados) favorece el desarrollo de órganos con mayores dimensiones. Cabe señalar que, estos resultados son inferiores a los registrados en las combas en estudio. En general, todas las diferencias morfológicas de las poblaciones de frijol comba se pueden relacionar con la adaptación de las poblaciones a condiciones restrictivas de producción y a los sistemas agrícolas específicos, así como, el prolongado proceso de selección a que han sido sometidas (Soleri *et al*. 2013).

Conclusiones

Las poblaciones de frijoles recolectadas en la región Tierra Caliente del estado de Guerrero mostraron diferencias en el tamaño y peso de la semilla, siendo las más sobresalientes las combas blancas, seguidas de las pintas; mientras que, el menor tamaño y peso se tuvo en la comba negra. La diversidad observada en la semilla de los frijoles son producto de la conservación *in situ* y prácticas agrícolas realizada por agricultores que las han preservado y que algunos de ellos se caracterizan por integrar familias de escasos recursos económicos, en las que el grano constituye la base alimenticia.

Agradecimientos

A los estudiantes de servicio social del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) y de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro).

Fuente financiadora

Caracterización y productividad *ex situ* y aspectos socioeconómicos de productores de frijoles nativos de guerrero, México.

Referencias bibliográficas

Delgado A. y Gama S. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. Revista Digital Universitaria 16(2):1-11.

López-Alcocer J. de J., Lépiz-Ildefonso R., González-Eguiarte D. R., Rodríguez-Macías R., López-Alcocer E. 2016. Morphological variability of wild *Phaseolus lunatus* L. from the western region of México. Revista Fitotecnia Mexicana 39 (1): 49-58.

Martínez-Castillo J., Zizumbo-Villarreal D., Perales-Rivera H. and Colunga-García-Marín P. 2004. Intraspecific diversity and morpho-phenological variation in *Phaseolus lunatus* L. from the Yucatan Peninsula, Mexico. Economic Botany 58:354-380.

Serrano-Serrano M. L., Andueza-Noh R. H., Martinez-Castillo J., Debouck D. G. and Chacón M. I. 2012. Evolution and domestication of lima bean in Mexico: Evidence from ribosomal DNA. Crop Science 52:1698-1712.

Solano C. F., Díaz R. R., Jacinto H. C., Aguirre Á. L., Huerta de la P. A. 2009. Prácticas agrícolas, descripción morfológica, proteínica y culinaria del grano de cultivares de frijol sembrados en la región de Tlatzala, Guerrero. Ra Ximhai 5: 187-199

RECOLECCIÓN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE ESPECIES DE *Amaranthus* EN MÉXICO

Eduardo Espitia-Rangel[1*], Blanca Buendía-Ayala[1], Elisa Gómez-Gracida[1], Miriam Aguilar-Delgado[2], Miriam Valverde Ramos[3], Fernanda Sesma Hernández[1] y Adriana Zamudio-Colunga[3]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; [2] Universidad Autónoma de Chihuahua; [3] Colegio de Posgraduados.
[*]Autor para correspondencia: espitia.eduardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Amaranto, germoplasma, conservación.

Introducción

El género *Amaranthus*, con alrededor de 70 especies, ha captado un notable interés por su valor nutricional y su potencial como cultivo sostenible. *Amaranthus* spp. se adapta a una amplia variedad de climas, desde tropicales hasta semiáridos. Tradicionalmente, se cultiva desde el ecuador hasta los 30º de latitud norte, pero también puede prosperar en latitudes mayores con materiales genéticos adaptados En México, la producción de amaranto tiene una larga historia de cultivo tradicional, concentrada en la Sierra Madre y el Eje Neovolcánico. Además, el país posee una rica diversidad de especies silvestres, subrayando la importancia de conservar su germoplasma (Espitia *et al*., 2012).

Históricamente, la conservación se ha centrado en especies cultivadas, subestimando el potencial de las silvestres. La conservación de la diversidad genética es crucial para la adaptabilidad del amaranto. El objetivo de este trabajo fue contribuir a la conservación del germoplasma del género *Amaranthus* en México mediante la recolección y registro de observaciones que amplíen el conocimiento sobre su diversidad genética y distribución en diferentes regiones del país.

Materiales y métodos

Se identificaron áreas objetivo mediante la evaluación de factores como geografía, clima, topografía, geología, suelos, vegetación, uso del suelo y aspectos socioeconómicos y étnicos, priorizando regiones marginales o aisladas para aumentar la probabilidad de encontrar ecotipos locales únicos. Los viajes de colecta se planificaron estratégicamente para coincidir con el período de maduración de los cultivos en las zonas biogeográficas identificadas por Espitia *et al.* (2012) como ricas en especies y diversidad del género *Amaranthus*. Los recorridos se realizaron en Chihuahua, Estado de México, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí, visitados en distintos momentos entre noviembre de 2023 y abril de 2024.Cada sitio de recolección fue documentado utilizando una ficha específica proporcionada por la plataforma KoBoToolbox de CONABIO, la cual recopiló los datos de pasaporte necesarios para cada accesión. Los eventos de recolección de germoplasma se llevaron a cabo mediante la colecta de semillas y entregadas al CNRG para su conservación. Además, las plantas sin semillas fueron registradas como observaciones.

Resultados y discusión

Se realizaron 295 registros de germoplasma del género *Amaranthus*, de los cuales 57.63% fueron eventos de recolección y un 42.37% observaciones. Cabe destacar que las condiciones climáticas adversas del año 2023, marcadas por el fenómeno de El Niño y severas sequías (CONAGUA, 2024), limitaron la disponibilidad de plantas y semillas. Del total de ejemplares registrados, el 90.51% correspondieron a plantas silvestres, un 5.08% a arvenses y un 4.41% a germoplasma domesticado. Se identificaron once especies de *Amaranthus* spp. (Cuadro 1), predominando las silvestres. *A. hybridus* fue la más distribuida (35.25%), seguida por *A. palmeri* (23.73%), esta última recolectada principalmente en zonas desérticas y semidesérticas, subrayando su importancia por los genes de resistencia a la sequía que posee. Entre las especies cultivadas, se colectaron *A. hypochondriacus, A. caudatus* y *A. cruentus*, siendo *A. hypochondriacus* la más prevalente (2.71 %). *A. cruentus* presentó una baja frecuencia de aparición (0.68%), destacando la necesidad de conservar su variabilidad genética debido a su potencial de resistencia al calor.

Se realizaron colectas y observaciones de especies de *Amaranthus* en nueve estados de México (Figura 1). San Luis Potosí tuvo el mayor número de registros (24.41%), con presencia en municipios como Ciudad Valles, Rioverde, Tamasopo, San Luis Potosí, Ébano y Tamuín, identificándose ocho especies diferentes,

incluyendo *A. acutilobus, A. dubius, A. hybridus, A. palmeri, A. powellii, A. retroflexus, A. spinosus* y *A. viridis.*

Cuadro 1. Frecuencia de especies de Amaranthus colectadas.

Especie	Frecuencia	Porcentaje
hybridus	105	35.25
palmeri	70	23.73
spinosus	60	20.8
retroflexus	22	7.46
viridis	10	3.39
hypochondriacus	8	2.71
acutilobus	6	2.03
powellii	5	1.69
caudatus	4	1.36
dubius	3	1.02
cruentus	2	0.68

Chihuahua fue el segundo estado con el mayor número de registros (18.98 %). La especie predominante fue *A. palmeri*, aunque también se encontraron *A. hybridus* y *A. retroflexus*. Puebla (16.61%) mostró una notable diversidad con presencia de *A. hybridus, A. cruentus, A. powellii, A. retroflexus y A. spinosus,* destacándose la Sierra Norte como una región clave para la preservación de estas especies silvestres, las cuales son utilizadas en la dieta local. En Veracruz (12.2 %) se encontraron especies como *A. acutilobus, A. dubius, A. hybridus, A. palmeri, A. spinosus* y *A. viridis.* En la región del Bajío, Guanajuato (11.53%) registró principalmente *A. hybridus, A. palmeri, A. retroflexus* y *A. viridis.* En la región Occidente, Jalisco y Michoacán registraron el 1.69% y el 4.75% de los datos respectivamente. En Jalisco, los municipios de Atotonilco el Alto, Ayotlán y Degollado documentaron la presencia de *A. hybridus, A. palmeri* y *A. viridis*. En Michoacán, las localidades de Zinapécuaro, La Piedad, Álvaro Obregón y Cuitzeo registraron *A. hybridus, A. palmeri y A. retroflexus*. En el Estado de México, Temamatla destacó por su producción de amaranto, encontrándose principalmente *A. hypochondriacus*, además de *A. retroflexus*. En Toluca, Metepec y Zinacantepec se identificaron *A. hybridus, A. retroflexus* y *A. powellii*, y en Texcoco se recolectaron *A. caudatus* y *A. cruentus*, siendo este último un hallazgo especialmente relevante por su patrón de crecimiento único. En Tamaulipas, que representó el 2.03% de los registros, se encontró *A. spinosus* en los municipios de Tampico y Ciudad Madero.

El Cuadro 2 muestra las coordenadas geográficas y altitudes de diversas especies de *Amaranthus*, evidenciando una notable variabilidad en estos valores y reflejando la diversidad de hábitats donde estas especies se desarrollan. Por ejemplo, *A. hybridus* registra una latitud media de 21,44° y muestra un amplio rango de distribución tanto latitudinal como longitudinal. Además, su variación altitudinal es extensa, con individuos encontrados desde el nivel del mar hasta los 2716,5 msnm. *A. retroflexus* también exhibe amplios intervalos en latitud, longitud y altitud, destacando por tener una longitud media menor comparada con otras especies, situándose en -102,31°. Por su parte, *A. palmeri* presenta la latitud media más alta (25.2°), contrastando con *A. hypochondriacus* que tiene la latitud media más baja (19.1°), indicativo de las diferencias geográficas en la distribución de estas especies. *A. powellii* se encontró en altitudes ligeramente superiores a las reportadas por Espitia *et al*. (2012), aunque los datos de latitud y longitud concuerdan con sus observaciones. En términos de altitud, *A. caudatus* muestra la media más alta con 2254.44 msnm, mientras que *A. dubius* tiene la media más baja con 28.39 msnm. Es relevante destacar que, aunque seis especies reportaron una altitud mínima de 0 msnm, solo *A. viridis* fue colectado en ambientes costeros, adaptándose a las condiciones salinas de la playa.

Conclusiones

Se identificaron once especies de *Amaranthus*, con *A. hybridus* como la más prevalente, seguida por *A. palmeri* y *A. spinosus*. Estas especies no solo demostraron una amplia adaptabilidad a diferentes

condiciones ecológicas, sino también una relevancia particular en zonas afectadas por condiciones climáticas adversas, como sequías, subrayando la importancia de su conservación y estudio genético.

Cuadro 2. Distribución altitudinal y centro geográfico (coordenadas) de especies de Amaranthus.

Especie	Latitud			Longitud			Altitud (m)		
	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.
hybridus	21.4	28.66	19.28	-99.79	-96.51	-107.6	1074	2716	0
palmeri	25.2	29.1	19.85	-103.8	-98.3	-107.16	1551	2140	0
spinosus	20.9	22.31	19.9	-98.1	-96.51	-100	539	1626	0
retroflexus	23.1	28.72	19.21	-102.31	-97.59	-107.35	2031	2716	35
viridis	20.6	22.17	19.29	-99.64	-96.4	-102.2	1354	2750	0
hypochondriacus	19.1	19.21	18.87	-98.8	-98.61	-98.9	2245	2316	2086
acutilobus	22	22.2	22	-98.9	-98.31	-99.02	59	94	0
powellii	20	22.17	19.3	-99.5	-97.6	-101	2345	2700	1834
caudatus	19.4	19.44	19.44	-98.9	-98.9	-98.9	2254	2258	2245
dubius	21.6	22	21	-98.5	-97.5	-99	28	93	0
cruentus	19.7	20	19.44	-98.3	-97.62	-98.9	1627	2257	997

El desarrollo de un episodio de El Niño en 2023 provocó un incremento en las temperaturas y severas sequías, complicando las actividades de recolección de germoplasma. Esto resultó en una reducción de la disponibilidad de plantas y semillas, lo cual reitera la necesidad de implementar estrategias de recolección para asegurar la conservación del germoplasma.

Las colectas se extendieron a través de nueve estados de México, con San Luis Potosí y Chihuahua presentando el mayor número de registros. La variabilidad en la distribución geográfica y altitudinal de las especies subraya la diversidad de hábitats donde estas prosperan.

Referencias bibliográficas

Comisión Nacional del Agua. 2024. Reporte Anual del Clima en México 2023. Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.

Espitia-Rangel E, Mapes-Sánchez C, Escobedo-López D, De la O-Olán M, Rivas-Valencia P, Martínez-Trejo G y Hernández-Casillas JM. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. Centro de Investigación Regional Centro, INIFAP.

Espitia RE, Escobedo LD, Mapes SC, Núñez CCA, Aguilar DM, Hernández CJM, Ayala GAV, Rivas VP, Martínez TG, Ramírez VML y Morán B. 2012. Conservación de los recursos genéticos de amaranto (Amaranthus spp.) en México. In E Espitia Rangel (Ed.), Amaranto: Ciencia y Tecnología (pp. 147-163). INIFAP/SINAREFI.

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa)* POR RENDIMIENTO DE GRANO DE DIFERENTE TAMAÑO

Miriam Gabriela Valverde-Ramos[1], Eduardo Espitia-Rangel[2], Ignacio Benítez-Riquelme[1], Miriam Jazmín Aguilar-Delgado[3], Luisa Fernanda Sesma-Hernández[2], Blanca Lidia Buendía-Ayala[2] y Elisa Gómez-Gracida[2]

[1]Colegio de Postgraduados, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, [3]Universidad Autónoma de Chihuahua
Autor para correspondencia: espitia.eduardo1957@gmail.com

Palabras clave: *Amaranthus hypochondriacus, Amaranthus cruentus*, adaptación, variedades.

Introducción

El cambio climático está afectando las condiciones para la producción agrícola. La sequía y salinidad del suelo son uno de los mayores problemas, los agricultores necesitan explorar nuevas alternativas para adaptarse a los cambios. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de los cultivos más antiguos de la región andina de Sudamérica domesticada hace más de 7000 años en su centro de origen (Perú y Bolivia). La quinua es un cultivo en expansión, puede ser utilizado para alimentos humanos y en materias primas para animales debido a su alto valor nutritivo. Tiene un alto contenido de vitaminas, proteínas y minerales, y se reporta que provee todos los aminoácidos esenciales para los humanos. En los mercados internacionales, se prefieren variedades con granos grandes y homogéneos, ya que mejoran la apariencia, el tiempo de cocción y la textura final del producto cocido (Repo-Carrasco-Valencia & Serna, 2011). Además, un mayor tamaño de grano está asociado con mejor preferencia del producto en preparaciones gourmet y procesadas y también un mejor precio en la comercialización. En México ya se comercializa, pero, en general es un cultivo de pequeña escala y no se cuenta con variedades, ni tecnología para su producción. El objetivo del presente estudio fue determinar el comportamiento de 16 genotipos de quinua para determinar la producción de grano grande, medio y chico a fin de seleccionar los más adecuados para producción en México.

Materiales y métodos

Se evaluaron 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) de diversos orígenes (México, Perú, Ecuador y Japón), con características variables de fruto y grano. Los ensayos se realizaron en siete ambientes de temporal generados por la combinación de tres localidades (Nanacamilpa (2829 msnm) y Santa Lucia (2250 msnm), con tipo de suelo Franco–Arenoso y precipitaciones que van de los 225 a los 394 mm por ciclo. El ambiente Nana 1 correspondió a Nanacamilpa en 2018 con fungicida, Nana2 es Nanacamilpa 2018 sin fungicida, Nana3 es Nanacamilpa 2019 con es Nanacamilpa 2019 con fungicida, Nana4 es Nanacamilpa 2019 sin fungicida, SLP1 es Santa lucía de Prías sin fungicida, SLP2 es Santa Lucía de Prías 2019 con fungicida, SLP3 es Santa Lucía de Prías segunda fecha sin fungicida. El diseño experimental fue de bloques completos azar con tres repeticiones, con parcelas conformadas por tres surcos de 5 m de longitud y 0.8 m de separación entre surcos. El rendimiento de grano (kg ha^{-1}) se determinó en 3 m del surco central, y se extrapoló a una hectárea. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el procedimiento GLM del SAS y el análisis AMMI se realizó utilizando el software GEA-R. Estos análisis permitieron identificar genotipos con estabilidad y adaptabilidad para los valles altos del centro de México para la producción de grano grande.

.

Resultados y discusión

Se obtuvieron diferencias estadísticas para todas las variables en todas las fuentes de variación (Cuadro 1), lo que significa que existe variación en los genotipos, en los ambientes y en la interacción de los mismos, tal y como se ha reportado anteriormente (Bertero *et al*., 2004). En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias para las variables evaluadas Los resultados coinciden en gran medida con los reportados por Valverde *et al*. (2022) Quienes reportan que el tamaño de semilla es una de las variables más importantes ya que la quinua se comercializa de acuerdo a su tamaño de grano, los granos mayores a 1.8 mm de diámetro son los que se comercializan para graneado que es la forma más importante en la que se comercializa la quinua a nivel mundial. Los genotipos tardíos tuvieron un peso mil granos de 2.5 a 2.9 g, excepto Huauzontle (1.9 g), mientras que los materiales precoces exhibieron un peso de 2.8 a 3.0 g. Los

genotipos intermedios tuvieron el mayor peso de mil granos que fue de 2.9 a 3.3, excepto Quinua negra la cual tuvo un peso de 2.3 g. Para grano grande se obtuvieron valores que van desde cero hasta 3024 kg ha-1, destacando los genotipos Suyana, Tunkahuan y Maranganí. Para grano medio se obtuvo un rango de 119 a 1518 kg ha-1, destacando los genotipos Huauzontle, Pata de venado y Blanca Ayacucho. Para grano chico se obtuvieron valores desde 342 hasta 1484 kg ha-1. La variedad Suyana es una excelente opción para el productor, ya que rinde 3024 kg de grano grande el cual puede ser comercializado a mejor precio para su consumo como graneado, además de los 327 kg de grano medio y los 891 de grano chico. De hecho, esta variedad se ha reportado como una buena alternativa en regiones similares a los Valles interandinos y en México también presentó muy bien comportamiento (Valverde *et al*., 2022).

Cuadro 1. Cuadrados medios para siete variables de 16 genotipos de quinua evaluados en siete ambientes de los valles altos.

Fuente de variación	gl	Peso de mil granos (g)	Granos por metro cuadrado	Rendimiento de grano (kg ha^{-1})	Grano grande (kg ha^{-1})	Grano mediano (kg ha^{-1})	Grano chico (kg ha^{-1})
Ambiente	6	2.2**	45233534265**	25443412**	9446674**	6297679**	1916679**
REP(AMB)	14	0.1	1274479897	1067163	348306	279448	152953
Genotipo	15	2.7**	21583668441**	10353358**	9781709**	2846135**	2537877**
AMB*GEN	90	0.1**	1484191587**	1022577**	642796**	262126**	*197062***
Error	210	0.0	532850731	334809	203194	128008	149519

Cuadro 2. Comparación de medias de siete variables de 16 genotipos de quinua evaluados en siete ambientes de los valles altos.

Genotipos	Peso de mil granos (g)	Granos por metro cuadrado	Rendimiento de grano (kg ha^{-1})	Grano grande (kg ha^{-1})	Grano mediano (kg ha^{-1})	Grano chico (kg ha^{-1})
8. Suyana	3.0fg	142913ab	4244a	3024a	327cde	891cdef
2. Tunkahuan	2.7ef	134166b	3646a	2043b	536cbd	1066bcd
10. Maranganí	3.2a	72524fgh	2386bc	1699bc	283cde	402gh
6. Tarpuna	2.8hg	103108cd	2869b	1560bcd	388cde	919cde
15. Pasankalla reventona	3.2ab	60547a	1955c	1467cde	119e	368hg
16. Pasankalla plomo	3.2a	60737h	1955c	1449cde	181de	324h
3. Tokio rosa	2.8cde	94978def	2727b	1443cde	390cde	893cdef
11. Roja ku	2.7def	86835defg	2398bc	1383cde	287cde	727defg
9. Misa amarilla	3.0bc	60495h	1839c	1269cde	228cde	341h
4. Blanca Ayacucho	2.7cdef	98048cde	2722b	1267cde	638bc	816cdef
5. Choclo	2.7cdef	69248gh	1887c	1114def	256cde	515fgh
13. Pasankalla lila	2.8cde	67484gh	1886c	1113def	224de	549efgh
12. Rojita	2.5fg	73982efgh	1914c	994ef	274cde	645efgh
7. Pata de venado	2.4hg	121788bc	2942b	638fg	899b	1404ab
14. Quinua negra	2.3h	88948defg	2035c	371gh	478cde	1185abc
1. Huauzontle	1.8i	164263a	3003b	0h	1518a	1484a

En la gráfica del AMMI Biplot se puede observar que los genotipos Pasankalla lila, Roja ku, Tarpuna, Tokio rosa y choclo son estables, aunque no necesariamente son los que presentan mayor rendimiento promedio, son los genotipos que se pueden sembrar en todos los ambientes y siempre se tendrá una respuesta estable, una mejora en el ambiente conlleva una mejora en el rendimiento. Los genotipos que resultaron con mayor interacción con el ambiente fueron Suyana, Tunkahuan, Blanca Ayacucho, Pasankalla reventona

y Huauzontle. El genotipo Suyana fue el que mejor comportamiento presentó en los ambientes Santa Lucía 2 y Santa Lucía 3; en el ambiente Nanacamilpa 2 los genotipos de mejor adaptación fueron Tunkahuan y Blanca Ayacucho; en Nanacamilpa 1 el genotipo Pasankalla reventona fue la de mejor adaptación; mientras que en el Ambiente Nanacamilpa 3 el genotipo el genotipo Pasankalla plomo fue la de mejor adaptación. En la gráfica del rendimiento con el componente principal 1 se puede observar que los genotipos Suyana, Tunkahuan, Maranganí y Tarpuna son los que mayor rendimiento de grano grande presentaron, Mientras que los genotipos Huauzontle, quinua negra y Pata de venado fueron los que menor rendimiento de grano grande presentaron.

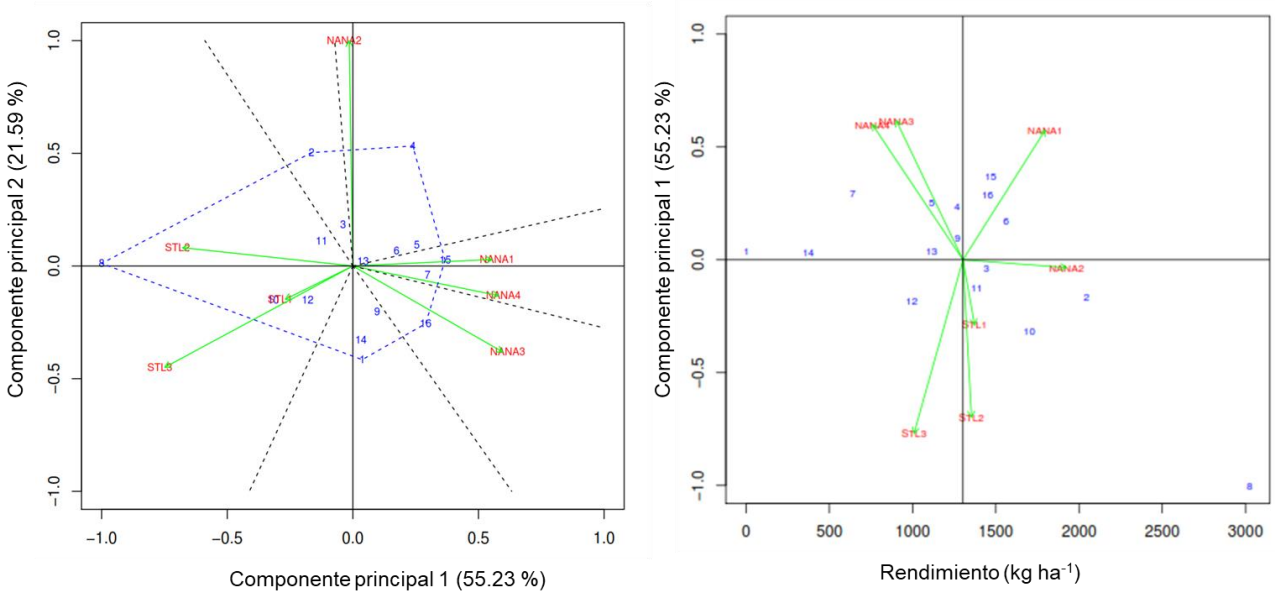


Figura 1. Ammi Biplot (izquierda) y rendimiento de grano grande para 16 genotipos de quinua evaluados en siete ambientes de los valles altos del centro de México.

Conclusiones

La variedad Suyana es la mejor opción para la producción de grano grande, es una variedad responsiva al ambiente. Tarpuna es una variedad estable y con buena producción de grano grande por lo que resulta un genotipo altamente deseable.

Referencias bibliográficas

Bertero H.D., A.J. de la Vega, G. Correa, S.E. Jacobsen, A. Mujica. 2004. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. Field Crops Research 89 (2004) 299–318.

Repo-Carrasco-Valencia, R. A. M., and Serna, L. A. (2011). Quinoa (Chenopodium quinoa, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciencia e Investigación Agraria*, 38(2), 201–215. https://doi.org/10.4067/S0718-16202011000200003

Valverde-Ramos MG, Espitia-Rangel E, Miranda-Colín S, Benítez-Riquelme I. 2022. Evaluation of quinoa germplasm in environments of the Central High-Valley Lands of Mexico. **Agrociencia.** https://doi.org/10.47163/agrociencia. v56i7.2572

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE *Amaranthus* spp. POR SU RESPUESTA A *Thecaphora amaranthi*

Adriana Zamudio-Colunga[1], Eduardo Espitia-Rangel[2*], Ignacio Benitez-Riquelme[1], Gerardo Leyva Mir[3], Fernando Castillo González[1], Amalio Santa Cruz Varela[1]

[1]Colegio de Posgraduados, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, [3]Universidad Autónoma Chapingo.
*Autor para correspondencia: espitia.eduardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Carbón del amaranto, resistencia, variedades de amaranto.

Introducción

En la alimentación mexicana el cultivo de amaranto es importante debido a su valor nutrimental, su alto potencial agronómico donde destaca la resistencia a sequía y su amplia adaptación en diversos ambientes e incluso a condiciones extremas. En México se han identificado hongos presentes en la semilla de amaranto, uno de ellos es el carbón del amaranto (*Thecaphora amaranthi*), es la principal limitación en la producción, es una enfermedad muy agresiva y devastadora que puede llegar a reducir el rendimiento de grano hasta del 100% (Espitia *et al*., 2010).

Thecaphora es un hongo habitante de suelo, posee esporas de resistencia que permanecen libres en el suelo sin disminuir su capacidad de infección durante al menos cuatro años. Las vainas carbonosas producen millones de teliosporas que aumentan gradualmente el inóculo en los suelos. Esto fue aumentando la presión de la enfermedad observada año tras año (Rago *et al*., 2017).

Los trabajos de investigación realizados sobre las plagas y enfermedades que atacan este cultivo son la base para el estudio y la aplicación de estrategias para el control y manejo de las mismas. En México, se ha trabajado poco en el patosistema amaranto – *T. amaranthi*, las variedades de amaranto son susceptibles al patógeno, estudiar la respuesta de los genotipos al hongo podría generar información concluyente para obtener variedades resistentes y determinar la vulnerabilidad en campo de las nuevas variedades. Es poca la información que se tiene sobre caracterización fitosanitaria de este cultivo, por lo que el objetivo de la investigación es conocer la respuesta a la incidencia de *Thecaphora amaranthi* en los genotipos de *Amaranthus* spp.

Materiales y métodos

Se realizaron colectas del hongo en las principales zonas productoras del centro de México, abarcando los estados de Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Ciudad de México. Para obtener el inóculo, se pulverizaron las panojas y el material resultante se tamizó para extraer las teliosporas. Se evaluaron genotipos del programa de Amaranto y quinoa del INIFAP, correspondientes a dos especies de amaranto: *Amaranthus hypochondriacus* (Revancha, Chichiltic y Huitzilin) y *Amaranthus cruentus* (Benito). En un segundo experimento se evaluaron tres genotipos de *A. hypo*chondriacus bajo incidencia natural de *Thecaphora amaranthi* en Cuapiaxtla, Tlax.

Las variedades se sembraron en charolas dentro del invernadero del INIFAP-CEVAMEX, manteniendo las plantas a temperaturas controladas de 20 °C durante la noche y 23 °C durante el día. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, considerando cada genotipo como un bloque con 12 repeticiones. Las teliosporas se inocularon al momento de la siembra y se registró la incidencia del patógeno. Los datos se analizaron mediante un modelo lineal generalizado (GLM) utilizando el software SAS (versión 9.4, 2012), y se realizó un análisis de varianza, seguido de una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para evaluar las diferencias entre genotipos.

Resultados y discusión

Se evaluaron 241 plantas de las cuales el 38% corresponde a Chichiltic, 25% a Revancha, 22% Benito y 15% Huitzilin. Los resultados muestran diferencias significativas entre variedades (Cuadro 1), Chichiltic presenta el mayor porcentaje de incidencia, mientras que Benito tiene el más bajo, lo que indica un posible mecanismo de resistencia parcial. Las diferencias observadas podrían atribuirse a factores genéticos como la expresión de genes de resistencia, además se identificaron correlaciones entre ciertas características morfológicas, las plantas infectadas por el carbón del amaranto presentan una altura menor, inflorescencia

corta y arrosetada. Entre las variedades hay variabilidad genética en la respuesta al patógeno, es una oportunidad de identificar y seleccionar materiales con resistencia o tolerancia.

Cuadro 1. Comparación de medias Tukey (p ≤ 0.05) en genotipos de amaranto, Santa Lucía de Prías, estado de México. P-V 2024.

Genotipos	Incidencia
Chichiltic	47.333 a
Huitzilin	34.025 ab
Revancha	31.133 ab
Benito	12.917 b

Se tomó el peso fresco y seco de la panoja de plantas sanas y enfermas por carbón del amaranto, así como el rendimiento (Cuadro 2), las plantas sanas presentan un mayor peso fresco (405.27 g) y seco (251.27 g) en comparación con las enfermas que apenas alcanzan 145.78 g y 90.38 g respectivamente. La infección por *T. amaranthi* inhibe fuertemente el desarrollo vegetativo del amaranto, afectando tanto el crecimiento foliar como estructural (Espitia ***et al***., 2010). El rendimiento de grano se ve drásticamente reducido en plantas enfermas (3.498 g) en relación a las sanas (55.307 g), lo que representa una reducción del 93.7 %. Esto confirma el impacto negativo que tiene la enfermedad sobre la productividad del cultivo.

Cuadro 2. Comparación de medias Tukey (p ≤ 0.05) entre plantas sanas y enfermas de amaranto, en Cuapiaxtla, Tlax. P-V 2023.

Planta	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Rendimiento (g)
Sana	405.27 a	251.27 a	55.307 a
Enferma	145.78 b	90.38 b	3.498 b

En el 2017 Paredes y colaboradores mostraron una relación lineal significativa entre las pérdidas de rendimiento estimadas y la intensidad de la enfermedad, además de que el menor contenido hídrico en el suelo de 30 %, predispone significativamente a una mayor infección de carbón. El aumento de la prevalencia de la enfermedad, indica que la semilla contaminada ha sido el principal vehículo de Introducción en las distintas regiones productoras.

Al no presentar síntomas en la parte aérea, el hongo pasó desapercibido por muchos años de la mirada de técnicos y productores. Los pixidios carbonosos producen millones de teliosporas que aumentan gradualmente el inóculo en los suelos. Esto incrementó la presión de la enfermedad observada año tras año. La maquinaria agrícola y las semillas del cultivo pueden estar contaminadas por esporas de *Thecaphora* y también contribuyen a la dispersión del hongo, como ocurre con diversos patógenos de suelo.

Se ha encontrado que en variedades de amaranto como Arely, Temamatla y Tlahuicole las plantas enfermas por el carbón del amaranto, presentan un rendimiento menor comparadas con las plantas sanas con un 93%, 99% y 85% respectivamente. El efecto devastador del patógeno afecta las estructuras reproductivas y reduce la formación de grano. Temamatla es la variedad más afectada por el patógeno con una reducción casi total del rendimiento de 61.2 gramos en panojas sanas a 0.22 gramos en panojas enfermas. Sin embargo, Tlahuicole aunque también sufre pérdidas significativas, muestra un rendimiento superior a otras variedades, lo que podría indicar una tolerancia parcial. Se deben considerar estrategias de manejo integrado de control como el uso de variedades tolerantes o resistentes, rotación de cultivos y manejo fitosanitario preventivo.

Conclusiones

La germinación de las esporas de Thecaphora no es típica; puede variar considerablemente de una especie a otra. Se indentificaron variedades como Benito, Revancha y Huitzilin con buen comportamiento frente a *T. amaranthi.*

Estos hallazgos son relevantes para programas de mejoramiento genético, ya que permiten seleccionar genotipos con potencial de resistencia para las nuevas variedades, además abren la posibilidad de integrar manejo genético con otras prácticas culturales para reducir la presión del inóculo.

La variabilidad genética presente en los materiales evaluados permite avanzar hacia estrategias de mejoramiento participativo con agricultores. Es recomendable complementar estas evaluaciones con análisis moleculares para confirmar la base genética de la resistencia observada.

Referencias bibliográficas

Espitia-Rangel E, Mapes-Sánchez C, Escobedo-López D, De la O-Olán M, Rivas-Valencia P, Martínez-Trejo G y Hernández-Casillas JM. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. Centro de Investigación Regional Centro, INIFAP.

Paredes, J. A., Cazón, L. I., Bima, M., Kearney, M. I., Nicolino, J. M., y Rago, A. M. 2017. Protocolo de toma de muestras y evaluación para un correcto relevamiento del carbón del cacahuate. En XXIII Jornada Nacional de Cacahuate. General Cabrera, Argentina, pp 59–61.

Rago, A. M., Cazón, L. I., Paredes, J. A., Molina, J. P. E., Conforto, E. C., Bisonard, E. M., Oddino, C. 2017. Peanut smut: from an emerging disease to an actual threat to Argentine peanut production. Plant Disease, 101(3), 400-408. doi: 10.1094/PDIS-09-16-1248-FE.

CINCO CICLOS DE SELECCIÓN RECURRENTE EN UNA POBLACIÓN ANDROESTÉRIL DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) EVALUADOS BAJO ESTRÉS HÍDRICO

Salvador Carranza-González[1*]; Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[2]; Aquiles Carballo-Carballo[1]; Francisco Javier Piñera-Chávez[3]; Gabino García-de los Santos[1]; Leobigildo Córdova-Téllez[1]; René Hortelano-Santa Rosa[2].

[1]Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo; [2]INIFAP-Campo Experimental Valle de México; [3]Australian National University- Research School of Biology.
*Autor para correspondencia: carranza.salvador@colpos.mx

Palabras clave: *Triticum aestivum* L., agronomía, selección recurrente.

Introducción

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los principales cereales producidos a nivel mundial; en México durante el año 2023 se produjeron alrededor de 3.4 millones de toneladas (SIAP, 2025). Mediante el mejoramiento genético convencional se han generado variedades con resistencia a royas, alto rendimiento y buena calidad industrial a nivel nacional, sin embargo, los programas de mejoramiento en México han reportado el uso adicional de técnicas como el MFSR (Male Sterility Facilitated Recurrent Selection) gracias al hallazgo de un gen nuclear dominante que induce androesterilidad en el trigo, denominado *Oly*, el cual ha sido incorporado a genotipos elite y ha permitido conformar diversas poblaciones, de esta manera se han logrado avances genéticos en el rendimiento del cultivo (Villaseñor *et al*., 2024) El uso de esquemas de selección recurrente, ofrecen beneficios tales como el rápido desarrollo de un ciclo de selección y la creación de genotipos superiores por la acumulación continua de alelos favorables (Pang *et al*., 2017). Con lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar las características agronómicas de once poblaciones de trigo harinero después de cinco ciclos de selección recurrente bajo condiciones de estrés hídrico.

Materiales y métodos

Se evaluaron bajo condiciones de campo 11 familias F4 de trigo harinero, provenientes de Cinco Ciclos de Selección Recurrente, los cuales, a su vez, se obtuvieron de una población de trigo androestéril denominada PAMDOLY.BORLAUG, la cual debe su esterilidad a la presencia de un gen androestéril dominante nombrado *Oly*. Las familias de las poblaciones se establecieron en condiciones de riego restringido (suspensión del último riego de auxilio, “condición de estrés hídrico en llenado de grano”) en el INIFAP Campo Experimental Bajío en el ciclo otoño-invierno 2024-25. La siembra se realizó en parcelas de 4 surcos de 1 metro por familia y se registraron las variables agronómicas: días a floración (DF), días a madurez (DM), altura de planta (AP) y rendimiento de grano (REND). El experimento se realizó bajo un diseño experimental Alfa Látice de 11 x 10 con dos repeticiones y el manejo agronómico que se realizó se basó en las recomendaciones técnicas del INIFAP. Se ejecutó un análisis de varianza general (ANOVA) y se obtuvo una comparación de medias de las variables para identificar diferencias entre poblaciones, así como su interacción.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta el Análisis de Varianza obtenido, donde se observa que para el factor Población las variables días a floración y días a madurez mostraron diferencias altamente significativas, mientras que para las variables altura de planta y rendimiento no se obtuvieron diferencias. Por otro lado, para la interacción de las Poblaciones con su repetición, se detectó que ninguna de las variables evaluadas presentó diferencias significativas. Los coeficientes de variación fueron bajos, lo cual permitirá generar Conclusiones adecuadas.

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias de las variables evaluadas para las 11 poblaciones más el Testigo; se observa que para las variables DF y DM el testigo obtuvo el valor más alto, es decir, fue de ciclo más tardío. Por otro lado, para la variable AP, la Población 2 fue la más alta, mientras que la Población 9 presentó la menor altura. En cuanto al Rendimiento, la Población 10 obtuvo el valor más alto, seguido de la Población 11, esto es un referente a que estas últimas al ser el resultado de un procedimiento de cinco ciclos de selección recurrente continuo permite determinar que el rendimiento de grano si se pudo mejorar con el paso del tiempo y a través de la selección. Lo anterior coincide con Solís *et al*. (2002) donde

después de cinco ciclos de selección reportan avances genéticos de 1.88% por ciclo, mientras que Díaz *et al*. (2020) después de 14 ciclos de selección recurrente reportan ganancias de 8.58% por ciclo.

Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables evaluadas para 11 poblaciones y un testigo de trigo harinero a través de cinco ciclos de selección recurrente.

F. V.	GL	DF	DM	AP	REND
Repetición	1	29.09 ns	12.29 ns	248.89*	52707402.22**
Población	11	88.62**	35.37**	51.37 ns	731821 ns
Pob*Rep	11	23.36ns	3.30 ns	15.21 ns	542272.18 ns
Error	196	33.82	12.80	41.19	634078.6
Total	219				
R2		0.15	0.14	0.10	0.34
CV (%)		7.87	3.11	7.52	20.24
Media		73.83	114.83	85.30	3933.20

F. V.= Fuente de variación, GL= grados de libertad, DF=días a floración, DM=días a madurez, AP= altura de planta, REND= rendimiento en kg ha-1, **=altamente significativo al 0.001 de probabilidad, *=significativo al 0.05 de probabilidad, ns= no significativo.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables evaluadas en 11 poblaciones de trigo harinero a través de cinco ciclos de selección recurrente.

Población	DF	DM	AP	REND	%Testigo
Testigo	78.62a	117.18a	86.04ab	4022.4ab	…
P.1	73.94bc	114.11cd	85.83ab	3997.8ab	-0.62
P.2	72.22bc	112.94d	87.88a	3909.6ab	-2.79
P.3	72.72bc	114.00cd	86.44ab	3934.7ab	-2.17
P.4	73.38bc	113.27cd	84.11ab	3837.7ab	-4.58
P.5	73.94bc	113.27d	83.77ab	3694.8b	-8.13
P.6	74.66b	116.88ab	83.44ab	3862.9ab	-3.95
P.7	75.16ab	115.27abcd	86.77ab	3894.1ab	-3.18
P.8	69.88c	114.27bcd	86.22ab	3655.6b	-9.10
P.9	74.44b	116.05abc	82.33b	3823.1ab	-4.94
P.10	72.11bc	114.27bcd	86.16ab	4414.8a	9.76
P.11	73.77bc	115.33abcd	83.94ab	4131.2ab	2.71

DF= días a floración, DM= días a madurez, AP= altura de planta, REND= rendimiento en kg ha^{-1}, %Testigo= Comparación de rendimiento en % con respecto al testigo (Borlaug 100). Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, 0.05).

Es importante mencionar que en el presente estudio se analizó la media de las Familias F4 de cada población, germoplasma en el que se tiene para cada población variabilidad entre familias y dentro de familias, de tal manera que en las poblaciones P.10 y P.11 (ciclos más avanzados) se cuenta con familias que superan en mayor magnitud al Testigo y que estas familias al llevarlas a homocigosis permitirán derivar líneas puras aún con mayor productividad. Bajo este entendido y considerando que la variedad Borlaug 100 (Testigo)actualmente está catalogada como el cultivar con mayor rendimiento a nivel comercial en las áreas de riego en México, en la presente investigación se corroboró que con la MSFRS es posible lograr avances en la productividad en corto tiempo (un ciclo de selección recurrente por ciclo de siembra) y será posible generar más y mejores variedades que permitirán incrementar la producción nacional.
En las variables agronómicas evaluadas (Cuadro 2), también es posible identificar diferencias entre las Poblaciones evaluadas, pero sin tendencia acumulativa, ya que si el objetivo es evaluar las ganancias que se esperan con el paso del tiempo a través de la selección, se presentaría una regresión lineal. Sin embargo, cabe destacar que las ultimas poblaciones (10 y 11) mostraron la respuesta esperada en la

variable REND, ya que al compararla con el Testigo (Borlaug 100) fueron las únicas que permitieron superar a la variedad, por lo que la selección si tuvo efecto positivo respecto a esta variable.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados, en la presente investigación, se comprobó que la MSFRS es una técnica de mejoramiento genético que permite realizar ciclos de selección recurrente en corto tiempo y generar genotipos superiores con mejores cualidades agronómicas y mayor productividad, por lo que se debe catalogar como una estrategia de mejoramiento alternativa al mejoramiento convencional. Se sugiere llevar a homocigosis a las familias más productivas de los ciclos más avanzados para aprovechar la variabilidad dentro de familias para generar líneas experimentales más productivas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al INIFAP por el financiamiento de la investigación derivada del proyecto “Programa nacional de mejoramiento genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable de trigo en México”.

Referencias bibliográficas

Díaz, C. H. L., Villaseñor, M. H. E., Benítez, R. I., Mendoza, C. M. C., Hortelano, S. R. R. (2020). Avance genético en 14 ciclos de selección recurrente en la población androestéril PANDOLY.PABG de riego. Revista Fitotecnia Mexicana. 43(3):267-274.

Pang, Y., Chen, K., Wang, X., Xu, J., Ali, J. and Li, Z. (2017). Recurrent Selection breeding by dominant male sterility for multiple biotic stresse tolerant rice cultivars. Euphytica, 213-1-13.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2025. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

Solís, M. E., Villaseñor, M. H. E., Molina, G. J., Espitia, R. E., Cervantes, S. T., Martínez, G. A. (2002). Selección masal visual recurrente para rendimiento de grano en una población androestéril de trigo harinero. Agrociencia. 36(2):191-200.

Villaseñor, M. H. E., Santa Rosa, H. R., Martínez, C. E., Huerta, E. J., Espitia, R. E., Solís, M. E., … y Angeli, H. S. (2024). Grata S2022: nueva variedad de trigo para siembras de temporal en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(6), 1315-1320. https://doi.org/10.35196/rfm.2024.1.93

EXPRESIÓN FENOTÍPICA EN F1 Y F2 DE *Heliconia uxpanapensis* Gutiérrez Báez x *Heliconia latispatha* Benth

Simitrio Ortiz-Curiel *[1], Luis Antonio Gálvez-Marroquín[1] y Ana Laura Reyes Reyes[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Melchor Ocampo No. 7, Santo Domingo Barrio Bajo, Etla, Oaxaca. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas. Kilómetro 18 de la carretera Tapachula-Cacahoatan, Tuxtla Chico, Chiapas.
Autor para correspondencia: ortiz.simitrio@inifap.gob.mx

Palabras clave: ornamental, hibridación interespecífica, variación fenotípica.

Introducción

Heliconia es un género que agrupa a más de 220 especies (Kress *et al*., 1999), las cuales presentan inflorescencia colorida con aptitud para flor de corte. La hibridación interespecífica es una de las herramientas más importantes que se emplean en el fitomejoramiento con fines ornamentales, sin embargo, este procedimiento está condicionado a esquivar las respectivas barreras precigóticas y poscigóticas. Respecto a híbridos interespecíficos, Kress (1990) mencionó que presentan caracteres intermedios respecto de los parentales, mientras que, sobre la segregación fenotípica en poblaciones de heliconia a partir de la hibridación interespecífica inducida, existen escasos estudios. Por lo anterior, el presente trabajo, tuvo por objetivo caracterizar la variación de una población F2 que se obtuvo a partir del cruzamiento entre *Heliconia uxpanapensis* (endémica de México) x *Heliconia latispatha*.

Materiales y métodos

La población objeto de estudio fue un lote de 72 plantas de heliconia: los parentales *H. uxpanapensis* y *H. latispatha*, la planta F1 y, la población F2. Se utilizaron los descriptores para Heliconia establecidos por el SNICS. Se registraron datos cuantitativos y cualitativos enfocados en inflorescencia y flor. Con el objetivo de evaluar la similitud morfológica entre las plantas de los progenitores, la generación F1 y la población F2, se realizó un análisis de conglomerados jerárquico. Para ello, se empleó la distancia de Gower, adecuada para datos mixtos (cuantitativos y cualitativos), en combinación con el método de agrupamiento Ward.D2. La altura de corte del dendograma se determinó con base en el ancho de silueta de los grupos con la función Silhouette del paquete Cluster. Todos los análisis se efectuaron utilizando el software R (R Core Team, 2023).

Resultados y discusión

Híbrido interespecífico *H. uxpanapensis* x *H. latispatha* (F1). La planta F1 es resultado de la combinación de características de ambos progenitores, por ejemplo, la altura de planta, el amacollamiento, tamaño de hoja, número de brácteas, longitud de inflorescencia, tienen similitud parcial con *H. uxpanapensis* (Figura 1A), mientras que, la forma aguda de brácteas y rotación de la inflorescencia, son características con tendencia a H. latispatha (Figura 1B).

La combinación de caracteres cualitativos como el color verde de flores de *H. latispatha* y amarillo de *H. uxpanapensis* generó flores con color verde claro con matices amarillos, además, presentó tamaño intermedio al de los parentales. Hermanos completos de esta planta presentan el mismo patrón hereditario. Las características intermedias del híbrido (Figura 1C) confirman lo que señaló Kress (1990) sobre caracteres intermedios a los parentales en los híbridos interespecíficos de heliconia y coincide también con los resultados de Rosado (2016) en plantas F1 de heliconias colgantes *H. vellerigera* 'She Kong' x *H. longissima*.

Población segregante (F2). Las plantas de este grupo mostraron alta variabilidad morfológica, en planta, inflorescencia y flor. Respecto a inflorescencia, éstas mostraron diversidad de colores, tamaño, asociación de colores en sus brácteas, grado de rotación del raquis (Figura 2). Cabe mencionar que solamente una inflorescencia, de las 69 caracterizadas, fue altamente similar *a H. uxpanapensis* (Figura 2A); los distintivos de esta planta son su color rojo de inflorescencia y flores totalmente amarillas. El resto fue fácilmente identificado con H. latispatha (Figura 2B-F). El grado de amacollamiento y altura de planta fueron características altamente contrastantes en la población F2.

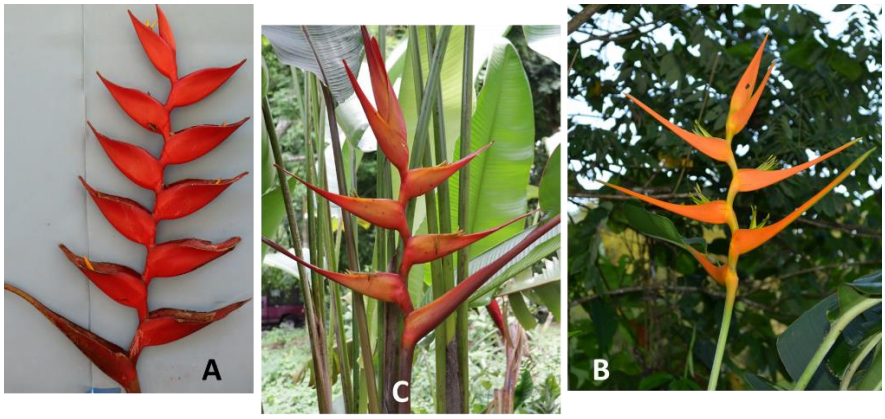


Figura 1. Parentales de heliconia (A y B) e híbrido interespecífico F1 (C).

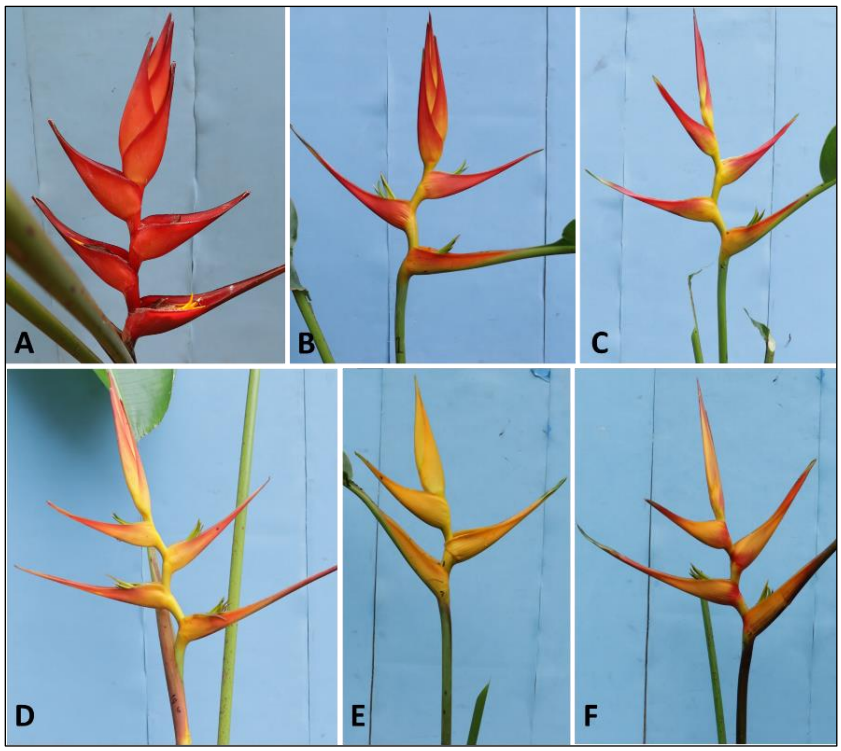


Figura 2. Ejemplares de la población segregante de *Heliconia uxpanapensis* x *H. latispatha*.

El dendrograma a partir de 71 individuos de Heliconia, con base en el mayor valor promedio de ancho de silueta, generó dos grupos (Figura 3). El grupo I está integrado por 31 % de los genotipos del estudio, que incluye el parental *H. uxpanapenis* y 21 plantas de la generación F2. Este grupo se distingue por presentar mayormente el color rojo en la bráctea y posición dística de sus brácteas. El grupo II aglomeró el 69 % de los genotipos, donde se ubica el progenitor *H. latispatha*, la planta F1 y 48 plantas de la población F2. Este grupo se identifica por presentar dos colores en la bráctea, distribuidos desde la base hasta el ápice, tienen en común longitud promedio de bráctea de19.0 cm e inflorescencia helicoidal. Con base en la similitud observada en el dendrograma, el genotipo 40 de la población F2 es el más cercano al progenitor femenino *H. uxpanapenis,* en tanto, 13 genotipos de la población F2 presentan alto grado de similitud al progenitor masculino *H. latispatha*. Respecto a la F1, los genotipos 7 y 36 son los más cercanos en morfología. Por otra parte, la diversidad de caracteres expresada en la F2 del presente trabajo coincide con lo que reportó Jongkind y Jongkind (2015) en la población F2 de *H. stricta* x *H. wagneriana,* donde la expresión de colores

ajenos al de los parentales, son expresiones fenotípicas que no son posible de encontrarlas en la diversidad intraespecífica.

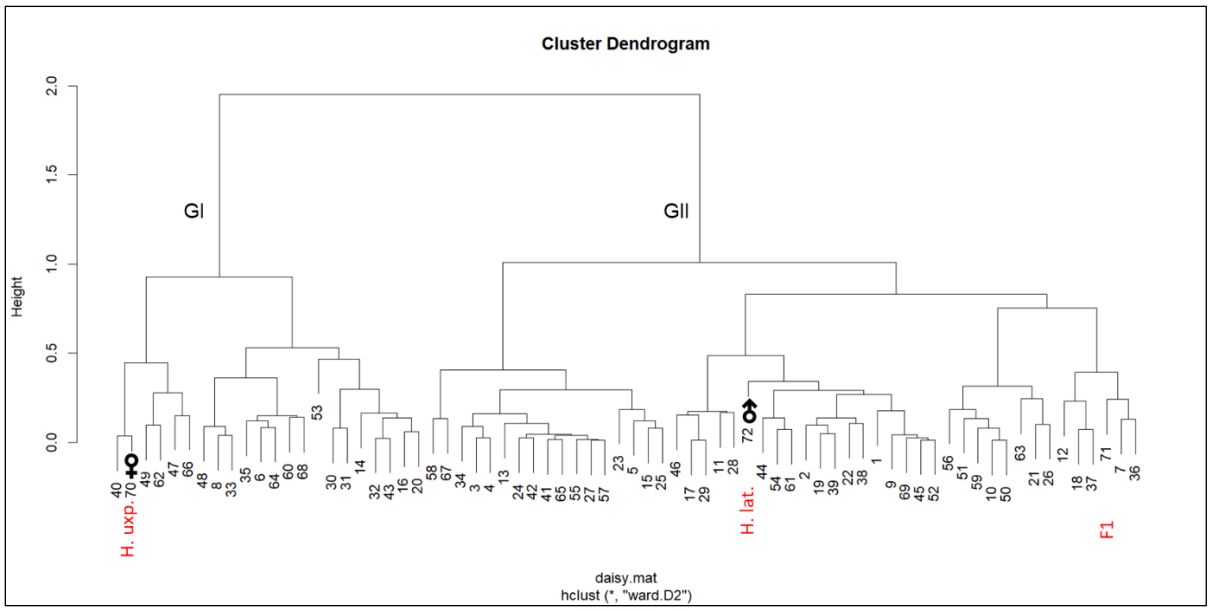


Figura 3. Dendrograma de 71 individuos de Heliconia obtenido con distancia de Gower y método de Ward.D2, calculado con 17 variables.

Conclusiones

En *Heliconia uxpanapensis* x *Heliconia latispatha,* el híbrido interespecífico presenta un patrón de herencia intermedia, mientras que la población F2 integra un abanico en tamaño de inflorescencias, forma, tamaño y color de brácteas. Con estos resultados se demuestra que la hibridación interespecífica permite obtener variación en caracteres que no se obtendrían en especies de manera independiente y es una estrategia eficiente para obtener variedades con cualidades ornamentales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP por el financiamiento del Proyecto: Nuevas variedades de heliconia para uso en los sistemas agroforestales, financiado con recursos fiscales del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Jongkind, J.; Jongkind, H. 2015. Hybridizing Heliconias. Bulletin, Heliconia Society International 21: 1-6.

Kress, W.J. (1990). Taxonomy of Old World Heliconia (Heliconiaceae). Allertonia, 6, 1-58.

Kress, W.J., Betancur, J., & Echeverry, B. (1999). Heliconias-Llamaradas de la Selva Colombiana. Bogotá, Colombia: Cristina Uribe Editores.

R Core Team (2023). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Rosado-Otero (2016) Jose Rafael Heliconia Interspecific Hybridization. Bulletin Heliconia Society International 22: 4-7.

AVANCES EN LA EVALUACIÓN DE POBLACIONES F_2 DE CHILE JALAPEÑO: PARÁMETROS GENÉTICOS Y CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO

Francisco Alfonso Gordillo-Melgoza[1*], Fernando Borrego-Escalante[1], Neymar Camposeco- Montejo[2], Juan Antonio Núñez-Colima[2], Cristina Patricia Aguilar-Aranda[1]

[1]Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, [2]Recursos naturales, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
*Autor para correspondencia: gordillomelgoza@gmail.com

Palabras clave: Heredabilidad, mejoramiento genético, selección.

En México los jalapeños es parte de la cultura nacional su consumo cotidiano en la alimentación (Arcocha, 2020), se consume fresco o seco en diferentes platillos también como condimento destacando su sabor picante. Debido a la demanda de la producción de chile jalapeño es importante debido a su valor alimenticio y beneficios para la salud (Herath *et al.,* 2021). Anualmente se siembran alrededor de 30,000 ha cuyo valor en la producción de $8,058,634 en 2023 (SIAP, 2023). Los estados principales productores son Chihuahua, Sinaloa, Michoacán y Jalisco que representan 76.9% de la producción nacional (SIAP, 2023). El chile jalapeño es de gran importancia económica en México debido a su amplio consumo, alta rentabilidad y significativa demanda de mano de obra. El constante crecimiento del cultivo implica la demanda de variedades mejoradas.
Los programas de mejoramiento genético cuenten con una base amplia de progenitores caracterizados fenotípica y genéticamente, así como clasificados por su potencial para producir híbridos competitivos. La selección de poblaciones en chile es esencial para mejorar características agronómicas y de calidad (Bizari *et al.,* 2017). Las variedades, híbridos pueden usarse como reservorio de genes para programas de mejoramiento y la selección debe realizarse en F_2 y las generaciones posteriores.

Objetivo

Evaluar parámetros genéticos (heredabilidad, varianza genética y fenotípica) y agronómicos en poblaciones F_2 de chile jalapeño para identificar genotipos superiores con características deseables en fruto, que sirvan como base para programas de mejoramiento genético.

Materiales y métodos

La presente investigación se estableció en los terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el ciclo agrícola P-V 2024 en condiciones de riego por goteo y fertirriego. Se evaluaron siete poblaciones en F_2 derivadas de los híbridos comerciales: Baluarte (Bal), Baluarte Lux (Blux), Marajá (Mar), Bravo (Bra), Odiseo (Odi), Mixteco (Mix) y Orizaba (Ori). La siembra se realizó el 07 de marzo del 2024 en charolas de 200 cavidades, utilizando peat moss 70%, perlita 15% y humus de lombriz 15% como sustrato. El trasplante se realizó a los 55 días después de la siembra. En bordos de 1.8 m de ancho a 30 cm entre planta a doble hilera. La fertilización se utilizó la solución Steiner en diferentes concentraciones de acuerdo con la etapa fenológica. La cosecha se realizó a los 85 días después de trasplante. Se registró la longitud fruto, ancho fruto, longitud pedicelo, espesor pared, número de lóculos, número de fruto, peso de fruto y rendimiento por planta. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Se realizó análisis de varianza y prueba de medias (Tukey ≤0.05), software estadístico Minitab v17, para la estimación de la variabilidad del genotipo se estimó mediante una medida simple, varianza fenotípica (σ^2p), varianza genotípica (σ^2g), coeficiente de variación fenotípica y genotípica (CVP, CVG) y heredabilidad (h^2) según los métodos sugeridos por Singh and Chaudhary (1985).

Resultados y discusión

En el análisis de varianza se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre los genotipos para las características longitud de fruto, ancho de fruto, longitud del pedicelo, espesor de pared, número de lóculos, número de frutos y peso de fruto. Esto indica que los genotipos evaluados presentan variabilidad genética para estas características. Para rendimiento por planta, las diferencias no fueron significativas.
En el Cuadro 1 se presentan la prueba de medias (Tukey ≤0.05) de cada característica evaluada en siete poblaciones F2 de chile jalapeño. El genotipo Mix-F2 sobre sale en peso de fruto (60.87 g), número de lóculos (3.58), espesor de pared (5.78 mm) y ancho de fruto (3.77 cm). Por su parte, Bal-F2 sobresalió por

su mayor longitud de fruto (14.27 cm) y número de frutos por planta (18.50), mientras que God-F2 presentó la mayor longitud del pedicelo (3.34 mm). En cuanto al rendimiento por planta, el genotipo Ori-F2 obtuvo el valor más alto (618.75 g), a pesar de no haber diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 1. Evaluación de características del fruto y rendimiento en genotipos F_2 de chile jalapeño.

Genotipo	Peso de fruto (g)	Rendimiento por planta (g)	Número de lóculos	Espesor de pared (mm)	Longitud de pedicelo (mm)	Ancho de fruto (cm)	Longitud de fruto (cm)	Número de frutos
God-F_2	39.03b	510.42a	2.83b	4.36bc	3.34a	2.90c	9.70c	13.25ab
Bal-F_2	37.16b	547.92a	2.83b	3.85c	3.40a	2.05d	14.27a	18.50a
Blux-F_2	57.46ab	457.42a	3.66a	5.35a	3.24a	3.44ab	11.10bc	8.33b
Bra-F_2	47.48ab	415.00a	2.91b	4.91ab	2.56bc	3.38ab	10.43bc	9.25b
Mix-F_2	60.87a	375.00a	3.58a	5.78a	2.57bc	3.77a	10.77bc	6.25b
Ori-F_2	56.57ab	618.75a	2.91b	5.21ab	3.18ab	3.27bc	10.77bc	10.66b
Odi-F_2	49.34ab	506.08a	3.16ab	5.49a	2.55c	3.66ab	11.76b	10.41b

En el Cuadro 2 se presentan las estimaciones de parámetros genéticos y fenotípicos en siete poblaciones F_2 de chile jalapeño para características cuantitativas evaluadas, mostrando una considerable variabilidad en la influencia de factores genéticos y ambientales. Las características como la longitud de fruto, ancho de fruto y espesor de pared presentan altos valores de heredabilidad (h^2 65.90 – 86.71%), lo que indica que la mayor parte de la variación observada se debe a diferencias genéticas entre los genotipos. Estas características muestran una alta contribución genética a la variación fenotípica, como se refleja en los coeficientes de variación genotípica (CVG) en comparación con los coeficientes de variación fenotípica (CVP), destacando su potencial de mejora mediante selección, especialmente en la longitud de fruto (CVG: 21.94%, CVP: 24.45%), ancho de fruto (CVG: 30.96%, CVP: 33.25%) y espesor de pared (CVG: 22.07%, CVP: 27.19%). En características como número de frutos y peso de fruto valores bajos de heredabilidad (h^2 50.65 y 37.49), mostrando una contribución significativa de factores ambientales y una menor proporción de variación genética. Para la característica del rendimiento por planta, con una heredabilidad muy baja (h^2 = 3.80%), un CVP elevado (55.03%) y un CVG menor (10.73%), lo que indica una fuerte influencia ambiental. Por lo tanto, el proceso de mejoramiento para el rendimiento hay que reducir el efecto ambiental o combinar estrategias de manejo agrícola con selección indirecta a través de características correlacionadas con mayor heredabilidad, como peso fruto o número de frutos. Estos resultados obtenidos de manera preliminar tienen un potencial para ser considerados en programas de mejoramiento genético, tomando en cuenta diferentes estrategias agronómicas para reducir el efecto ambiental.

Cuadro 2. Estimación de parámetros genéticos y fenotípicos para ocho características cuantitativas en siete poblaciones F2 de chile jalapeño.

Características	Media	$\sigma^2 g$	$\sigma^2 p$	CVP %	CVG %	h^2 %
Longitud fruto (cm)	11.26	6.11	7.59	24.45	21.94	80.49
Ancho fruto (cm)	3.21	0.99	1.14	33.25	30.96	86.71
Longitud pedicelo (cm)o	2.98	0.41	0.66	27.27	21.43	61.75
Espesor pared (mm)	5.00	1.22	1.85	27.19	22.07	65.90
Número de lóculos	3.13	0.33	0.53	23.35	18.31	61.47
Numero de fruto	10.95	37.99	75.00	79.07	56.28	50.65
Peso de fruto (g)	49.70	179.37	478.47	44.01	26.95	37.49
Rendimiento fruto/planta (g)	490.08	2765.68	72739.03	55.03	10.73	3.80

$\sigma^2 g$: varianza genotípica; $\sigma^2 p$: varianza fenotípica; CVP %: coeficiente de variación fenotípica; CVG %: coeficiente de variación genotípica; h2 %; Heredabilidad.

Conclusiones

La variabilidad genética significativa entre las poblaciones F_2 de chile jalapeño para características como longitud de pedicelo y ancho de fruto, espesor de pared y número de lóculos, las cuales mostraron alta heredabilidad (h^2 68.90 - 86.71%), lo que indica el potencial para selección en programas de mejoramiento. Sin embargo, el rendimiento por planta presentó baja heredabilidad (h^2 = 3.8%), indicando una marcada influencia ambiental, por lo que su mejora requerirá estrategias combinadas de manejo agronómico y selección indirecta mediante características correlacionadas. Los genotipos **Mix-F2** (destacado en peso de fruto, número de lóculos, espesor de pared y ancho de fruto) y **Bal-F2** (longitud de fruto y número de frutos) son materiales prometedores para futuros ciclos de selección. Estos resultados resaltan la importancia de caracterizar la base genética en etapas tempranas (F_2) y priorizar criterios de selección con mayor heredabilidad para optimizar el mejoramiento del chile jalapeño.

Agradecimientos y fuente financiadora
Este trabajo deriva del proyecto “Selección y evaluación de poblaciones F_2 segregantes en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en características morfológicas y calidad” (N° 2263), financiado por la UAAAN. Agradecemos el apoyo institucional para el desarrollo de esta investigación.

Referencias bibliográficas

Arcocha, R. M. S. (2020). Jalapeños: una historia cultural “picante”. Temas americanistas, (45), 319-342.

Bizari, EH, Val, BHP, Pereira, EDM, Mauro, AOD y Unêda-Trevisoli, SH (2017). Índices de selección de rasgos agronómicos en poblaciones segregantes de soja. Revista Ciência Agronômica, 48, 110-117.

Herath, H. N., Rafii, M. Y., Ismail, S. I., JJ, N., & Ramlee, S. I. (2021). Improvement of important economic traits in chilli through heterosis breeding: a review. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 96(1), 14-23.

SIAP (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Chile. Cierre de la producción agrícola, 2023. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Singh, R. K. and B. D. Chaudhary. 1985. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyani Publishers. New Delhi, India.

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA GERMINACIÓN DE TRES VARIANTES SILVESTRES Y TRES VARIANTES DOMESTICADAS DEL GÉNERO *Opuntia*

Carlos Alberto Zúñiga-Rizo[1]*, Cecilia Beatriz Peña-Valdivia[2], Liberato Portillo-Martínez [3], Carlos Trejo-López[2], Humberto Vaquera-Huerta[2] y Daniel Padilla-Chacón[4]

[1]InvitroLab, [2]Colegio de postgraduados, [2]Universidad de Guadalajara, [4]Universidad Veracruzana.
*Autor para correspondencia: isek_up3@hotmail.com

Palabras clave: Termoperiodo, *Opuntia streptacantha*, *O. ficus-indica.*

Introducción

La domesticación es un proceso evolutivo complejo, que se origina principalmente por la codependencia de las plantas con los humanos y da por resultado individuos parcialmente diferentes a sus parientes silvestres en características morfológicas, fisiológicas, químicas y genéticas. Los cambios en las especies durante la domesticación pueden estudiarse mediante comparación de las variantes o tipos silvestres con los domesticados (Harlan, 1992). Algunos cambios resultantes de este proceso continuo de cambios son el gigantismo de órganos que son de interés para los humanos o cualquiera de las estructuras como hojas, tallos, frutos, semillas y raíces. Los cambios más importantes para los humanos son el incremento en el tamaño de los frutos y las semillas, la disminución de la capacidad de dispersión natural de las semillas ocasionada por la pérdida de dehiscencia, y latencia; además, la resistencia mecánica y protección química contra el ataque de depredadores generalmente disminuye; por lo que medir el nivel de domesticación dentro y entre especies resulta complicado debido a la cantidad de caracteres involucrados y el tiempo en el que suceden los cambios (Peña-Valdivia *et al.,* 2012).

En el género *Opuntia* se han identificado especies silvestres (*e.g.*, *O. joconostle* A. Web., y *O. streptacantha* Lem.), silvestres intermedias (*e.g.*, *O. hyptiancantha* F.A.C. Weber), semidomesticadas (*e.g.*, *O. megacantha* Salm-Dyck), domesticadas (*e.g.*, *O. albicarpa* Scheinvar) y altamente domesticadas [*e.g.*, *O. ficus-indica* (L.) Mill]. Existe poca información sobre los cambios en las semillas durante el proceso de domesticación de *Opuntia*; sin embargo, ya se ha avanzado en el conocimiento de los cambios en sus dimensiones, dureza y cantidad de semillas viables y abortadas en los frutos (López-Palacios *et al*., 2018).

El objetivo del este trabajo fue evaluar el efecto de la temperatura constante, entre 25 y 42º C, en la germinación de las semillas intactas de seis variantes de dos especies de *Opuntia* en un gradiente de domesticación.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizaron semillas de seis variantes de dos especies del género *Opuntia* (*O. streptacantha*: Cardona, Cardona de Castilla y Tuna Loca y *O. ficus-indica*: Atlixco, Copena V1 y Rojo Vigor) silvestres y domesticadas, respectivamente.

Método. El efecto de la temperatura en la germinación se evaluó en semillas sin escarificar, colocadas en cajas Petri con soporte de papel filtro y humedecido con agua destilada. Las cajas fueron mantenidas en cámaras con ambiente controlado (Seedburo ATTGPT-B, EEUU; ISTA, 2010) a 25, 30, 33, 36, 39 y 42º C constantes y en obscuridad.

La germinación de las semillas se evaluó diariamente durante 45 días y se expresó como promedio del porcentaje de las unidades experimentales de cada tratamiento.

Diseño experimental y análisis de resultados. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con 36 tratamientos. Cada tratamiento incluyó tres repeticiones o unidades experimentales con diez semillas cada una.

Las curvas de germinación acumulada de las semillas se obtuvieron con el software SigmaPlot 11.0 (versión libre: https://sigmaplot.software.informer.com/11.0/). Los resultados de germinación máxima se analizaron con ANDEVA y comparación múltiple de medias de Tukey.

Resultados y discusión

Cardona de Castilla de la especie silvestre *O. streptacantha* fue la única variante que germinó (20% en promedio) con 25º C (Figura 1 A). Entre las variantes de la especie altamente domesticada *O. ficus-indica*, únicamente Atlixco presentó germinación (10 %) (Figura 1 B), aunque su germinación máxima acumulada representó únicamente 3.33 % (Figura 1 D) con 30º C. Por su parte, las variantes Cardona de Castilla y

Cardona de *O. streptacantha* acumularon germinación máxima de 10 y 18 %, respectivamente con 30ºC; las semillas de la variante Tuna loca de esta especie no germinaron (Figura 1 C).

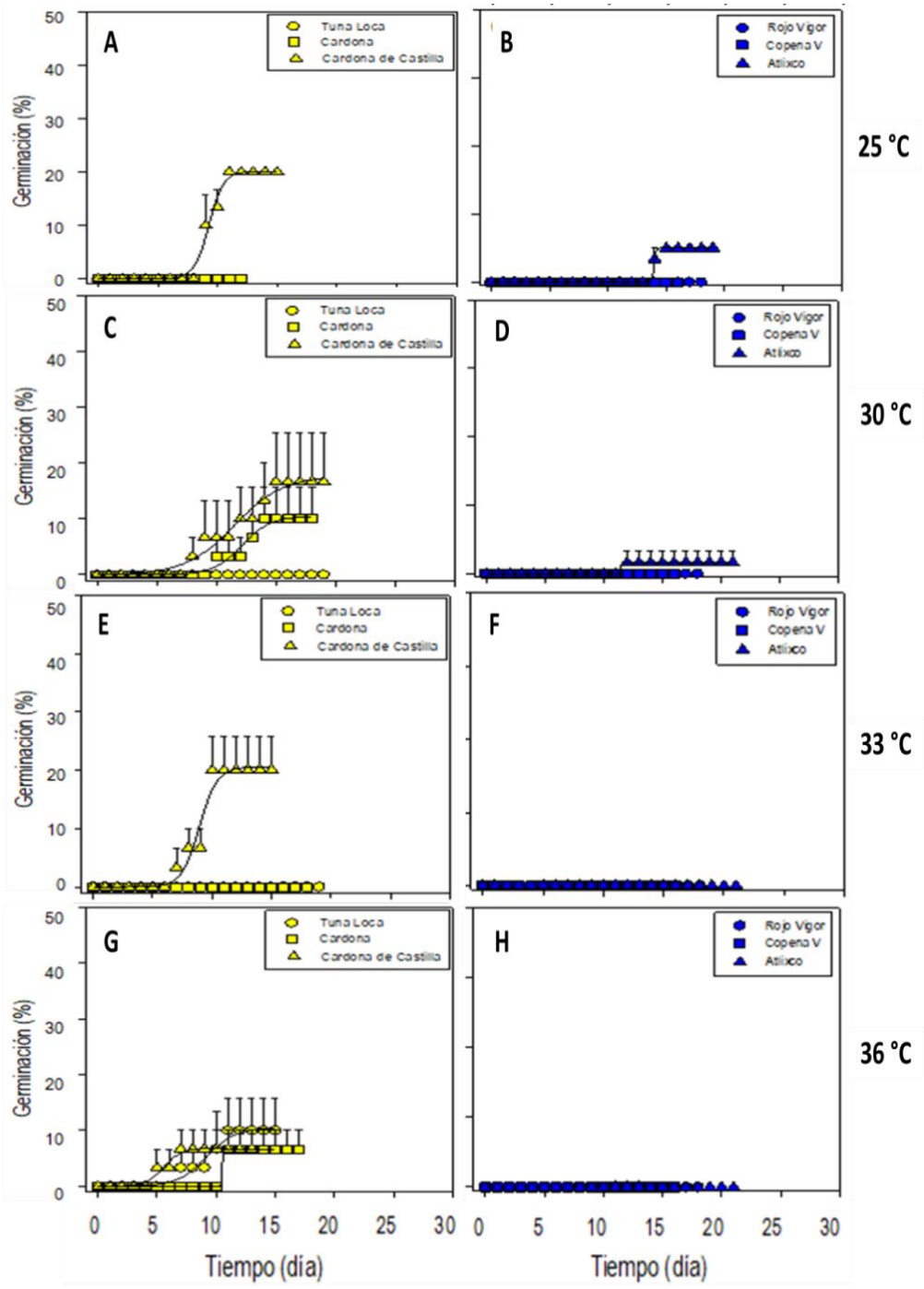


Figura 1. Germinación de tres variantes (+ E.E.) silvestres de *Opuntia streptacantha* Lem. y tres variantes altamente domesticadas de *O. ficus-indica* (L.) Mill. (A) germinación de las variantes silvestres en 25° C. (B) germinación de las variantes altamente domesticadas a 25° C. (C) germinación de las variantes silvestres en 30° C. (D) germinación de las variantes altamente domesticadas en 30° C. (E) germinación de las variantes silvestres en 33°C. (F) germinación de las variantes altamente domesticadas en 33° C. (G) germinación de las variantes silvestres en 36° C. (H) germinación de las variantes altamente domesticadas en 36° C.

La germinación máxima de Cardona de Castilla de *O. streptacantha* fue 20 % en 33º C; las otras dos variantes de esta especie no germinaron (Figura 1E), en el caso de *O. ficus-indica* ninguna de las tres variantes germinó con esta temperatura (Figura 1F). El recuento de las semillas germinadas mostró que las tres variantes de *O. streptacantha* presentaron germinación máxima entre 6.7 y 10 % con 36º C (Figura 1G); en contraste, con esta temperatura las variantes de *O. ficus-indica* no germinaron (Figura 1H). Las variantes en estudio no germinaron con las temperaturas mayores, *i.e.*, 39º C y 42° C.

Los porcentajes de germinación en el presente estudio coincidieron parcialmente con los documentados por Romo-Campos *et al.* (2010), de entre 1 y 64 % en semillas de siete especies del género *Opuntia* de diversas localidades de México, con diferente grado de aridez. La latencia de las semillas del género *Opuntia* se atribuye a la dureza e impermeabilidad de la testa. La relevancia de esta característica de la semilla se relaciona con la supervivencia en ambientes con variación climática amplia, incluida la temperatura ambiente diaria y estacional y las precipitaciones, como las propias de los ambientes áridos y semiáridos (Barrios *et al.,* 2020).

Conclusiones

En el intervalo de 25 a 39º C la germinación máxima de las semillas intactas de las seis variantes se presentó en 5 a 17 días. El intervalo óptimo de temperatura para la germinación de las semillas del género *Opuntia* es de 30 a 36º C y se inhibe con 42º C.

Agradecimiento y fuente financiadora

Los autores agradecen al Depositario Nacional de *Opuntia*, del Centro Regional Universitario Centro Norte de la Universidad Autónoma Chapingo (CRUCEN-UACh), Zacatecas, México por la donación de las semillas Igualmente agradecemos el apoyo financiero del Programa de Becas Nacionales del SECIHTI.

Referencias bibliográficas

Barrios, D, JA Sánchez, J Flores y E Jurado. 2020. Seed traits and germination in the Cactaceae family: a review across the Americas. Botanical Sciencies 98 (3): 417-440.

Harlan, JR. 1992. Crops and Man. 2nd edn. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU.

López-Palacios C, JA Reyes-Agüero, CB Peña-Valdivia y JR Aguirre-Rivera. 2018. Physical characteristics of fruits and seeds of *Opuntia* sp. as evidence of changes through domestication in the Southern Mexican Plateau. Genetic Resources and Crop Evolution 66: 349-362.

Peña-Valdivia, CB, C Trejo López, VB Arroyo-Peña, AB Sánchez-Urdaneta y R Balois-Morales. 2012. Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). Chemistry & Biodiversity 9 (8): 1599-1610.

Romo-Campos, R, JL Flores-Flores, J Flores y G Álvarez-Fuentes. 2010. Seed germination of *Opuntia* species from an aridity gradient in Central, Mexico. Journal of the Professional Association for Cactus Development 12: 181-198.

INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE Y ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE LÍNEAS DE FRIJOL PINTO EN UNA REGIÓN SEMIÁRIDA DE MÉXICO

Odilón Gayosso-Barragán[1]*, Jorge Alberto Acosta-Gallegos[2], Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá Rico[3], Yaneth Jiménez Hernández[2], Alejandro Antonio Prado-García[2]

[1]CENID Agricultura Familiar-INIFAP, Ojuelos de Jalisco, Jal., México. [2]Campo Experimental Bajío-INIFAP, Celaya, Guanajuato, México. [3]Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP, Carretera Tampico-Mante, km 55, Tamaulipas, México.
*Autor para correspondencia: gayosso.odilon@inifap.gob.mx

Palabras clave: AMMI 2, cambio climático, componentes principales.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una legumbre clave en la seguridad alimentaria global, especialmente en países emergentes, gracias a su alto contenido de proteínas, fibra y minerales esenciales como hierro, magnesio, zinc y potasio. Su aporte nutricional lo convierte en una alternativa accesible a la proteína animal, ofreciendo beneficios económicos y dietéticos para diversas poblaciones (Uebersax *et al*., 2023). En México, el frijol común es un cultivo estratégico para el desarrollo socioeconómico de los productores y desempeña un papel importante como fuente de proteínas para la población, se siembra en todas las regiones agrícolas del país y es componente fundamental en la alimentación. La superficie total sembrada de frijol en México en 2022 fue de 1, 472,462 hectáreas, de las cuales el 87% se cultivaron en condiciones de temporal con rendimiento promedio de 510 kilogramos por hectárea (SIAP, 2022). En la región del Altiplano Semiárido del Centro-Norte de México se sembraron 1,034,084 hectáreas, que representa el 70% de la producción nacional (SIAP, 2022), con rendimiento promedio de 434 kg ha^{-1}. El bajo rendimiento por unidad de superficie se debe a la escasa e irregular precipitación durante el ciclo del cultivo, situación que se agrava por la baja capacidad del suelo para retener la humedad. Desde hace décadas en esta región, el desarrollo de variedades resistentes a la sequía es la principal estrategia para aumentar y estabilizar el rendimiento del frijol en condiciones de temporal (Domínguez *et al*., 2019). En esta región los genotipos de frijol de la raza Durango muestran mayor adaptación a las condiciones ambientales limitantes que materiales de otras razas dentro del acervo Mesoamericano, por ello, el frijol de tipo Pinto se ha convertido en las últimas décadas en el principal tipo cultivado en la región. Miklas *et al*. (2024) señalan que hay un nuevo tipo de frijol Pinto caracterizado por el oscurecimiento lento del grano, de un color más brillante, que está ganando popularidad en los Estados Unidos de América. En México, este tipo de frijol emergió y se convirtió en un tipo con alta demanda con el registro de la variedad Pinto Saltillo (Sánchez *et al*., 2001) y a partir de su multiplicación y utilización desplazo todas las variedades mejoradas existentes junto con las variedades nativas. El objetivo de este estudio fue evaluar la interacción genotipo × ambiente y la estabilidad del rendimiento de grano y de características agronómicas en 24 líneas de frijol pinto e identificar genotipos con mayor adaptabilidad y estabilidad productiva en regiones semiáridas del Centro-Norte de México.

Materiales y métodos

Los experimentos en campo se establecieron en Ojuelos, Jalisco, en 2023 y 2024. Se evaluaron veinticuatro líneas experimentales de frijol pinto (Cuadro 1) generadas del programa de mejoramiento genético de frijol del INIFAP, todas las líneas son de oscurecimiento lento del grano (genotipo *sd sd*) con hábito de crecimiento indeterminado (genotipo *Fin Fin*). Se realizaron prácticas de preparación del suelo, incluyendo subsoleo, barbecho y rastra, para generar condiciones óptimas para la germinación de las semillas. En los tres ambientes de evaluación (sequía, temporal y riego), la siembra en campo se realizó de forma manual. Para sequía, la siembra se realizó el 20 de julio de 2023 registrándose una precipitación acumulada durante el ciclo de cultivo julio-septiembre de 148.6 mm. En temporal, el 4 de julio de 2024, con 271.8 mm durante el ciclo de cultivo. Con riego de auxilio con un productor cooperante el 4 de julio de 2024, en este ambiente además de la precipitación registrada de 271.8 mm, se aplicaron dos riegos auxiliares en la etapa de llenado de grano en el mes de agosto, equivalentes a 80 mm obteniendo en total 351.8 mm. En los tres ambientes de evaluación, los genotipos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar (DCBA) con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en dos surcos de 5 metros de largo, con una separación de 70 cm entre surcos y 10 cm entre plantas, con una superficie total de 700 m² por

ambiente. Se realizo un análisis AMMI 2 y se graficó el biplot con los dos primeros componentes principales con el paquete agricolae en R.

Cuadro 1. Genealogía de 24 líneas experimentales de frijol pinto evaluadas en tres ambientes (sequía, temporal y riego) del altiplano semiárido del centro norte de México.

Núm	Geneología	Núm	Geneología	Núm	Geneología
1	PS/FME-M-1-2-M-M	9	(D38/AZNA)/PS-23-2-1	17	PS/Dalia-M-2-1-M
2	PS/Dalia-M-2-3-1-M	10	(D38/AZNA)/PS-25-2-1	18	PS/FME-M-30-4-1-M
3	PS/Dalia-M-2-3-2-M	11	RAR/CAR-M-54-M-M	19	PS/FME-M-5-2-M
4	PS/Dalia-M-2-3-3-M	12	(D38/AZNA)/PS-29-2-1	20	RAR/CAR-M-57-M-M
5	PS/Dalia-M-2-3-4-M	13	(D38/AZNA)/PS-30-2-1	21	RAR/CAR-M-56-M-M
6	PS/Dalia-M-2-3-5-M	14	PS/Dalia-M-43-M	22	PS/Dalia-M-2-2-M-M
7	PS/Dalia-M-2-3-6-M	15	PS/FME-M-5-2-M	23	FME/PS-M-12-14-M-M
8	RAR/CAR-M-55-M-M	16	SR/JANASA -M-86-M	24	LI2-82-2-M-M

Resultados y discusión

La Figura 1 ilustra las dos primeras interacciones de componentes principales del modelo biplot AMMI 2, que explicaron el 100 % de la variación de la interacción G + G × E para las variables a) Rendimiento, b) Biomasa seca aérea, c) Biomasa seca total y d) Índice de cosecha, respectivamente. Esta proporción de variación implica que la interacción de 25 genotipos de frijol pinto evaluados en tres ambientes se proyectó mediante los dos primeros componentes principales. El modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa 2 (AMMI 2) es una representación gráfica de información resumida basada en puntuaciones de componentes principales (PC1 y PC2), que ofrece ventajas sobre el análisis de regresión conjunta. AMMI 2 divulga e infiere el complejo interacción genotipo × ambiente (GEI), que implica la presencia de múltiples ambientes significativos y la detección de genotipos con adaptabilidad de espectro amplio o estrecho.

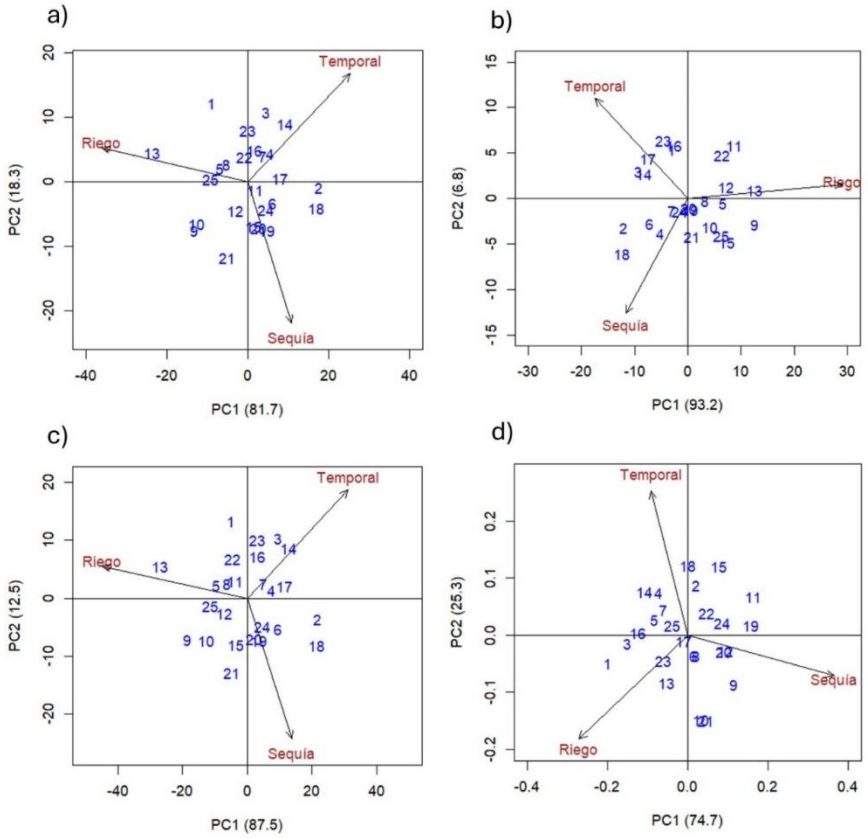


Figura 1. Grafica biplot de los efectos de los dos primeros componentes principales del genotipo más el efecto de la interacción GE de 24 líneas de frijol pinto en tres ambientes para a) Rendimiento, b) Biomasa seca aérea, c) Biomasa seca total, d) Índice de cosecha.

Los ambientes presentaron una asociación negativa, esto era de esperarse dado que las condiciones fueron contratantes. Siendo que en el ambiente de riego hubo mayor disponibilidad de humedad en comparación con los otros dos ambientes. De igual forma, el ambiente de temporal mostró mayor precipitación que el de sequía y menor al de riego. En lo que respecta al ambiente de sequía, la humedad fue limitada en comparación a los otros dos ambientes. De acuerdo con la respuesta de los genotipos en los ambientes, en la variable rendimiento, la línea 13 presentó los mayores valores en el ambiente de riego, la línea 14 en el ambiente de temporal y las líneas 19 y 20 bajo sequía. Para biomasa seca aérea, la línea 13 tuvo buena adaptación al aplicase riego, así mismo, las líneas 3, 14 y 17 destacaron en temporal y las líneas 2 y 18 en sequía. En la variable biomasa total sobresalió la línea 13 con riego, las líneas 3 y 14 en temporal y las líneas 19, 20 y 24 en sequía. En el índice de cosecha, mostraron mejor desempeño las líneas 1, 13, 23 en el ambiente de riego, las líneas 4 y 18 en temporal y las líneas 12, 19, 20 y 24 bajo sequía. En lo que respecta a la estabilidad, en la variable rendimiento destacaron las líneas 11 y 22; en biomasa seca aérea sobresalieron las líneas 19, 20 y 24; en biomasa total presentaron la mayor estabilidad la línea 16, 20 y 23; en el índice de cosecha presentaron la misma condición las líneas 6, 17 y 18. Por lo tanto, los genotipos ubicados cerca del origen del biplot muestran una respuesta uniforme en los tres ambientes probados. El modelo AMMI 2 ha demostrado ser una herramienta eficaz para evaluar las interacciones genotipo × ambiente, permitiendo la identificación de genotipos con mayor estabilidad y adaptabilidad en diversos ambientes de producción. La implementación de estrategias basadas en los modelos biplot AMMI y GGE facilita la identificación de materiales con alta eficiencia en el uso de agua y nutrientes, contribuyendo así a la sostenibilidad del cultivo de frijol pinto en regiones con baja disponibilidad de agua y suelos marginales.

Conclusiones

La fuerte influencia ambiental sobre el rendimiento de grano y los rasgos agronómicos en frijol pinto subraya la necesidad de estrategias de evaluación en múltiples ambientes para una selección genotípica más efectiva. La variabilidad observada en variables clave como rendimiento de semilla, biomasa seca, índice de cosecha y número de semillas por vaina indica un potencial significativo para identificar genotipos resilientes. La línea 11 mostró un rendimiento destacado y estabilidad bajo diferentes condiciones hídricas, posicionándose como candidata prometedora para programas de mejoramiento genético y posible registro como nuevo cultivar adaptado al Altiplano Semiárido del Centro-Norte de México. El modelo AMMI 2 resultó ser una herramienta eficaz para caracterizar la interacción genotipo × ambiente, facilitando la identificación de líneas con estabilidad y alto rendimiento. Los hallazgos del estudio aportan elementos útiles para el diseño de programas de fitomejoramiento y estrategias agronómicas enfocadas en maximizar la productividad bajo escenarios de estrés hídrico.

Referencias bibliográficas.

Dominguez, S.A., Darias, R.R., Yordanys, M.D.Y., Negrin, E.A. (2019). Tolerance of common bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) to field drought conditions. *Cent. Agricola*, 46, 22–29.

Miklas, P.N., Soler-Garzon, A., Pastor Corrales, M.A., Cichy, K.A. (2014). Registration of 'USDA Diamondback' slow-darkening pinto bean. *Journal of Plant Registrations*, 18(1):52-60. https://doi.org/10.1002/plr2.20334

Uebersax, M.A., Cichy, K.A., Gomez, F.E., Porch, T.G., Heitholt, J., Osorno, J.M., Kamfwa, K., Snapp, S.S., Bales, S. (2023). Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security. A review. *Legume Sci*., 5, e155. https://doi.org/10.1002/leg3.155

Sánchez Valdez, I., Ibarra Pérez, F. J., Rosales Serna, R., Singh, S. P., Acosta Gallegos, J. A. (2021). Pinto Saltillo: nueva variedad de frijol para el Altiplano de México. Agricultura Técnica en México, 27(1), 73-75.

SIAP. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Annual Agricola. 2022. Available online: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola (accessed on 10 March 2025)

GERMOPLASMA DE MAÍZ NATIVO, UNA ALTERNATIVA PARA HACER FRENTE A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN VALLES ALTOS

Gilberto Esquivel-Esquivel[1]*, Yadira Hernández López[2], Alondra Jacqueline Lira-Mendoza[3], Juan Manuel Hernández Casillas[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, [2]Universidad Autónoma Chapingo, [3]Colegio de Postgraduados.
*Autor para correspondencia: esquivel.gilberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: Productividad, sequía, rendimiento.

Introducción

El maíz es el cultivo más importante en México y el pilar fundamental en la alimentación, ya que representa más del 50% de la ingesta calórica de los sectores más pobres de la población, contribuyendo significativamente a la seguridad alimentaria (Ureta *et al*., 2020).

Hablar de maíz es hablar de México, pues es centro de origen y diversificación, de tal forma que lo podemos encontrar adaptado a diferentes ambientes, desde alturas a nivel del mar hasta los Valles Altos del centro del país (3400 msnm) (CONABIO, 2020). Es esta gran capacidad de adaptación lo que ha derivado en una amplia diversidad de maíces en tamaños, formas y colores.

Los maíces nativos han sido objeto de diversas investigaciones, pues en esta amplia diversidad se tiene germoplasma con características particulares, como precocidad (Hernandez-Trejo *et al*., 2023), adaptación y tolerancia a diversos factores (Rangel-Lucio *et al*., 2021).

Estudios recientes han demostrado que la variabilidad climática se percibe con mayor intensidad en las regiones agrícolas productivas que en las menos productivas, también se presentan otros factores que influyen en el rendimiento del cultivo, como plagas, enfermedades, tipo de labranza, baja fertilidad del suelo, disponibilidad de agua y aumento de los precios de los insumos (Mills *et al*., 2018).

La ocurrencia de eventos meteorológicos con mayor frecuencia e intensidad como heladas, granizadas, sequías e inundaciones resultado del cambio climático, tienen serias repercusiones sobre la producción agrícola, impactando durante varios años la recuperación económica y financiera de los productores, desencadenando en serios problemas sociales (González-Celada *et al*., 2021).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es identificar germoplasma con potencial de adaptación y producción para la región de los Valles Altos de México considerando las variaciones en el ambiente provocadas por el cambio climático.

Materiales y métodos

Durante el ciclo agrícola P-V, 2023, se evaluó un ensayo uniforme formado por 64 poblaciones de maíz nativo originarias de Durango, Chihuahua, Oaxaca y Zacatecas. El ensayo se estableció en una localidad de los municipios de Atotonilco el Grande, Hidalgo, Texcoco, Estado de México y Tlaxco, Tlaxcala. Las fechas de siembra fueron 20 de mayo, 30 de mayo y 02 de junio de 2023, respectivamente. El manejo del cultivo se realizó bajo condiciones de temporal en la primera y tercera localidad, mientras que en la segunda se hizo bajo riego. Las variables evaluadas fueron: días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AMZ), acame de tallo (AT), acame de raíz (AR), sanidad de mazorca (SM), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de la mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHM), número de granos por hilera (NGH), índice de grano (IG) y rendimiento de grano (REND). El diseño experimental utilizado fue un Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por dos surcos de cinco metros de longitud y separación a 0.8 m. Se sembraron 52 semillas por unidad experimental, depositando dos semillas cada 42 cm. El análisis de varianza y comparación de medias se realizó utilizando el paquete estadístico SAS V.9.0 (SAS,2002).

Resultados y discusión

Para iniciar la Discusión de los resultados, debo indicar que el experimento establecido en la localidad de Atotonilco el Grande, Hgo. fue declarado pérdida total desde las primeras etapas del desarrollo del cultivo, ya que sólo llovió el día en que se realizó la siembra, prolongándose la sequía hasta el mes de agosto, periodo en el que se afectó seriamente el cultivo. Por lo anterior, dicha localidad no fue incluida en los resultados experimentales.

En el Cuadro 1 se muestra el análisis de varianza que incluyó 64 genotipos y dos localidades, observándose diferencias altamente significativas (P≤0.01) entre localidades, entre tratamientos y en la interacción localidad por tratamiento para todas las variables evaluadas, exceptuando el AR y el NHM que no mostraron significancia.

Cuadro 1. Significancia estadística de cuadrados medios del análisis de varianza de 13 variables medidas en 64 poblaciones de maíz nativo cultivadas en dos localidades de Valles Altos durante el año 2023.

FV	GL	DFM	DFF	AP m	AMZ m	AT %	AR %	SM	LMZ cm	DMZ cm	NHM	NGH	IG %	REND t ha^{-1}
Loc	1	25921.9**	27659.1**	15.0**	5.5**	19236.9**	373.5**	9.4**	154.8**	5.0**	28.7**	2271.8**	993.9 **	597.0 **
Trat	63	59.87**	71.28**	0.10**	0.11**	627.8**	66.5**	4.3**	3.4**	0.2**	12.6**	28.4**	27.3**	4.3**
Loc*Tra	63	12.07**	13.73**	0.15**	0.05*	204.5**	46.3ns	2.7**	1.4*	0.1**	2.8ns	7.8**	3.6**	2.8**
Error	254	7.43	8.98	0.03	0.03	104.9	35.6	1.5	0.9	0.1	2.9	4.6	2.3	0.6
Total	383													
CV		3.5	3.7	8.6	17.1	49.7	112.8	20.5	6.7	5.3	12.8	7.6	1.8	17.3

FV=Fuente de variación; Trat=Tratamiento; Loc*Tra=Interacción localidad por tratamiento; CV=Coeficiente de variación, GL=Grados de libertad; **=Significancia a nivel de P≤0.01; DFM=Días a floración masculina, DFF=Días a floración femenina, AP=Altura de planta, AMZ=Altura de mazorca; AT=Acame de tallo, AR=Acame de raíz, SM= Sanidad de mazorca, LMZ=Longitud de mazorca, DMZ=Diámetro de mazorca, NHM=Número de hileras por mazorca, NGH=Número de granos por hilera, IG=Índice de grano y REND=Rendimiento de grano

En promedio por localidad, Texcoco resultó superior en APT, AMZ, LMZ, DMZ, NGH, IG y REND, mientras que Tlaxco mostró superioridad en DFM, DFF, AT, AR SM y NHM. El ciclo de cultivo se amplió en Tlaxco, Tlax. debido a que las temperaturas promedio son menores en comparación con las que se registran en Texcoco. En el rendimiento de grano hubo una variación de 2.5 t ha^{-1} entre localidades, siendo de 5.9 y 3.4 t ha^{-1} en Texcoco y en Tlaxco, respectivamente. La diferencia en rendimiento responde al manejo que se dio al cultivo en Texcoco, el cual fue de riego, mientras que en Tlaxco fue 100% temporal con un periodo inicial de estrés causado por sequía durante un mes y al final una helada en el periodo de madurez fisiológica.

En promedio de las dos localidades, los genotipos mostraron diferencias altamente significativas para todas las variables. Considerando la expresión promedio, se seleccionaron 10 poblaciones que mostraron un comportamiento estable a través de ambientes. Para realizar la elección se tomaron en cuenta tanto las variables evaluadas como parámetros visuales, tales como vigor de la planta en sus primeras etapas, arquitectura de la planta, respuesta al estrés por sequía, incidencia de plagas y enfermedades, grosor del tallo, cobertura de la mazorca, forma de la mazorca, textura y color del grano. Las poblaciones que mostraron expresión favorable fueron Chih-646, Oax-816, Oax-708, Oax-704, Oax-676, Oax-719, Oax-795, Oax-791, Oax-716 y Dgo-159. Las poblaciones mencionadas tuvieron un ciclo biológico precoz (81-86 DDS), altura promedio de planta de 2.0 m, porcentaje de acame de 1.0 a 7.0%, buena sanidad de mazorca, longitud promedio de la mazorca de 14.5 cm, grosor de la mazorca de 4.3 cm, número de hileras por mazorca de 12 con 28 granos por hilera. El porcentaje de desgrane o índice de grano varió de 84 a 88% y el rendimiento obtenido fue de 4.4 a 7.2 t ha^{-1}.

Conclusiones

Actualmente el comportamiento del ambiente es cambiante y extremo, de tal manera que en un lapso corto de tiempo genera afectaciones considerables en el desarrollo del cultivo en cualquier etapa y por ende, sobre el rendimiento.

Dentro del germoplasma evaluado existe diversidad y variabilidad genética que permite la adaptación a las condiciones extremas de altas temperaturas y baja precipitación.

Las poblaciones seleccionadas presentan atributos sobresalientes para ser consideradas en programas de mejoramiento genético, con el propósito de generar híbridos y/o variedades que respondan a las condiciones agroecológicas presentes en los Valles Altos de México.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento del proyecto “Fortalecimiento del programa de mejoramiento genético del cultivo de maíz para valles altos y zonas de transición”, SIGI-1563735548.

Fuente financiadora
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Referencias bibliográficas

CONABIO. (2020). Proyecto global de maíces nativos. Razas de Maíz de México. Comisión Nacional Para El Conocimiento y Uso de La Biodiversidad. https://biodiversidad.gob.mx/diversidad/proyectoMaices

González-Celada, G.; Ríos, N.; Benegas-Negri, L. and Argotty-Benavides, F. 2021. Impact of the climate change and the land use/land cover change in the hydrological and water erosion response in the Qui scab river subbasin. Tecnología y Ciencias del Agua. 12(6):328-362. h□ps://doi.org/10.24850/J-TYCA-2021-06-08.

Hernandez-Trejo, A., López-Santillán, J. A., Estrada-Drouaillet, B., Reséndiz-Ramírez, Z., oronadoBlanco, J. M., & Malvar, R. A. (2023). Aptitud combinatoria y efectos recíprocos de la precocidad en poblaciones

nativas de maíz de Tamaulipas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(2), 171183. https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.2990

Mills, G.; Sharps, K.; Simpson, D.; Pleijel, H.; Frei, M.; Burkey, K.; Emberson, L.; Uddling, J.; Broberg, M.; Feng, Z.; Kobayashi, K. and Agrawal, M. 2018. Closing the global ozone yield gap: quantification and benefits for multitrees tolerance. Global Change Biology. 24(10):4869-4893. h□ps://doi.org/10.1111/gcb.14381.

Rangel-Lucio, J.A., Santacruz-Varela, A., Córdoba-Téllez, L., García-Rodríguez, J. G., Cervantes-Ortíz, F., Vaquera-Huerta, H., & Cuenca-Salgado, J. A. (2021). Adaptation and selectión of native maize in the mexican Bajio Region based on morphological characterization. Revista Fitotecnia Mexicana. 44(2), 241-250.

Ureta, C., González, E. J., Espinosa, A., Trueba, A., Piñeyro-Nelson, A., & Álvarez-Buylla, E. R. (2020). Maize yield in Mexico under climate change. Agricultural Systems, 177, 102697.

GERMINACIÓN Y BIOMASA DE PLÁNTULA DE MATERIALES NATIVOS DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) BAJO ESTRÉS POR SALINIDAD

Karla Ivonne Carrillo-Ruíz[1], Carlos Andrés Aguilar-Sanchez[1], M. Humberto Reyes-Valdés[1], Ana L. Gómez-Espejo[1]*

[1]Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)
*Autor para correspondencia: gomez.ana.mvz@gmail.com

Palabras clave: Trigo harinero, salinidad, diversidad genética.

Introducción

El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, su éxito como cultivo se debe a su capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas y a la mejora genética que ha permitido incrementar su rendimiento y resistencia a factores ambientales adversos (Curtis & Halford, 2014). Sin embargo, las afectaciones del cambio climático están modificando negativamente los sistemas agrícolas, entre las que destacan incrementos en los niveles de salinidad superiores a los niveles de tolerancia de muchos cultivos.

Los incrementos en la temperatura ambiental y la escasez en las precipitaciones provocan una mayor superficie de evaporación; por otro lado, el aumento del nivel mar, causa la intrusión del agua salada en las tierras agrícolas, por lo que la concentración de sales en el suelo incrementa año con año. A nivel mundial, se estima que más del 20 % de las tierras agrícolas y el 33 % de las tierras de regadío están siendo afectadas por la salinidad, lo que genera pérdidas significativas en la producción de cultivos (Shrivastava & Kumar, 2015).

Los materiales nativos de trigo han adoptado diversos mecanismos de adaptación tanto fisiológicos y moleculares a las diferentes condiciones agroecológicas de sus centros de origen, por lo que pueden proporcionar los recursos genéticos útiles para hacer frente a los desafíos climáticos. La exploración de dichos materiales como nuevas fuentes de tolerancia a la salinidad podría ser una alternativa de solución sostenible para el aprovechamiento de las áreas afectadas por la salinidad, a través de la implementación de las variedades de mayor grado de tolerancia.

Objetivo

Caracterizar la capacidad germinativa y la biomasa de plántula de materiales nativos de trigo harinero en respuesta a estrés salino.

Materiales y métodos

Se utilizaron semillas maduras proporcionadas por el banco de germoplasma del CIMMyT de 19 materiales nativos de trigo harinero procedentes de 3 regiones climáticas (seco, templado y frío) y una variedad comercial mexicana “Pelón colorado”. Los materiales nativos fueron seleccionados por su contenido genético en base a genes de respuesta a estrés por sequía, su origen geográfico y climático. Se evaluó el efecto de la salinidad en la germinación (radícula < 2 mm) durante la etapa germinativa y el crecimiento en los primeros estadios de desarrollo de plántula. El tratamiento salino fue una solución a base de Cloruro de Sodio (NaCl) a 125 mM. El tratamiento control fue con agua destilada (0 dS.m-1). La germinación fue evaluada durante 5 días en periodos de 12 horas bajo condiciones controladas en cámara de germinación a una temperatura de 20±2°C y una humedad relativa de 83% a total oscuridad. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, cada una con un total de 10 semillas en caja germinadora con papel filtro. Los tratamientos fueron aplicados con un volumen de 25 mL a cada caja germinadora. Una vez evaluada la germinación, un total de 3 semillas germinadas fueron trasplantadas en bandejas con un sustrato compuesto por *peat moss* y vermiculita en una proporción de 60:40. Las charolas con sustrato se mantuvieron en condiciones de invernadero durante 10 días. Las plántulas completas con su raíz integra fueron extraídas y lavadas en agua corriente. Posteriormente, las plántulas se separaron en dos partes: la estructura radicular y la estructura aérea (mesocotilo y coleoptilo). Las plántulas fueron secadas en estufa durante un periodo de 24 horas para obtener la acumulación de materia seca total (PST-gramos), peso seco parte aérea (PSA-gramos) y peso seco de raíz (PSR-gramos). Los análisis estadísticos se realizarán con el software estadístico R versión (R Core Team, 2023). Los datos de germinación y pesos fueron analizados con modelos lineales generalizados (GLMs). En la germinación la sobre-dispersión de los datos

fue corregida mediante la función de enlace beta-binomial, mientras que los pesos con la función *lmer*. Los casos donde se detectaron diferencias significativas se realizó la comparación de medias con la diferencia mínima significativa (DMS).

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de regresión binomial muestran que existen diferencias altamente significativas (0.0001) en la capacidad germinativa entre los materiales nativos evaluados, los tratamientos y una interacción significativa (0.01) entre estos factores (Cuadro 1). El estado inicial de la semilla tuvo influencia sobre el efecto del tratamiento, por lo que una correcta estimación de la germinación en condición salina fue ajustando la germinación de los materiales en T0. En este ajuste, se observaron diferencias significativas al 0.001 entre los materiales germinados en condición salina, lo que evidenció cierta tolerancia a la salinidad de algunos materiales. Algunos materiales no sufrieron afectaciones en la germinación como el M15 y el M2 (grupo a), y once materiales tuvieron perdidas entre el 10 y 20 % (grupo ab), el resto de materiales disminuyeron su germinación en más del 20 % (Figura 1). El análisis de las variables de biomasa (Cuadra 2) revelo diferencias significativas (0.001) entre los materiales para el peso total de plántula, el peso de la biomasa aérea y el peso de la raíz, también se observaron diferencias significativas (0.001) en los tratamientos para el peso total y el peso de la biomasa aérea, el peso de raíz presento diferencias al 0.01. En todos los casos la interacción entre materiales y tratamientos fue altamente significativa (0.0001). El efecto de la condición salina en los materiales causo diversas respuestas (Figura 2), destacando en las tres variables los materiales M18, M12 y M11 con menores perdidas en acumulación de biomasa, estos materiales pueden ser considerados tolerantes a la salinidad. El resto de materiales presentaron diferentes grados de disminución de biomasa, algunos tuvieron disminuciones entre un 10 y 30%, tal es el caso de los materiales M9 (PST, PSA, PSR), M6 (PST, PSA, PSR), M20 (PST, PSA), M5 (PST, PSA, PSR), M17 (PSA), M10(PSR) y M7 (PSR).

Cuadro 1. Análisis de regresión binomial de la germinación

Factor	GL	RD	P(>Chi)
Material Nativo	19	277.09	2.2e-16 ***
Tratamiento	1	80.97	2.2e-16 ***
Material:Tratatamiento	19	30.68	0.02 *

*** = significativo al punto 0.0001 de probabilidad; * = significativo al 0.01 de probabilidad; grados de libertad (GL); Residuales de la devianza (RD); y probabilidad de Chi-cuadrada (P(>Chi)).

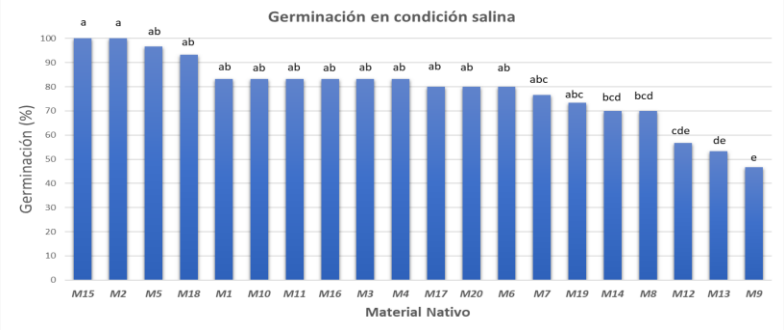


Figura 1. Ajustes en el promedio de germinación

Cuadro 2. Cuadrado medio del error y probabilidad del modelo mixto de la biomasa de plántula.

Variable	CMe	Valores de Probabilidad		
		Mat	Trat	Mat*Trat
Biomasa total	0.0009	0.0023 **	0.0066 **	8.47e-09 ***
Biomasa aérea.	0.0003	0.0079 **	0.0056 **	1.46e-08 ***
Biomasa de raíz	0.0001	0.0013 **	0.0138 *	1.332e-05 ***

CMe=Cuadrado medio del error; Mat= Materiales Nativos, Trat= Tratamientos (Neutro y Salino); *** = significativo al punto 0.0001 de probabilidad; **= significativo al 0.001 de probabilidad; * = significativo al 0.01 de probabilidad.

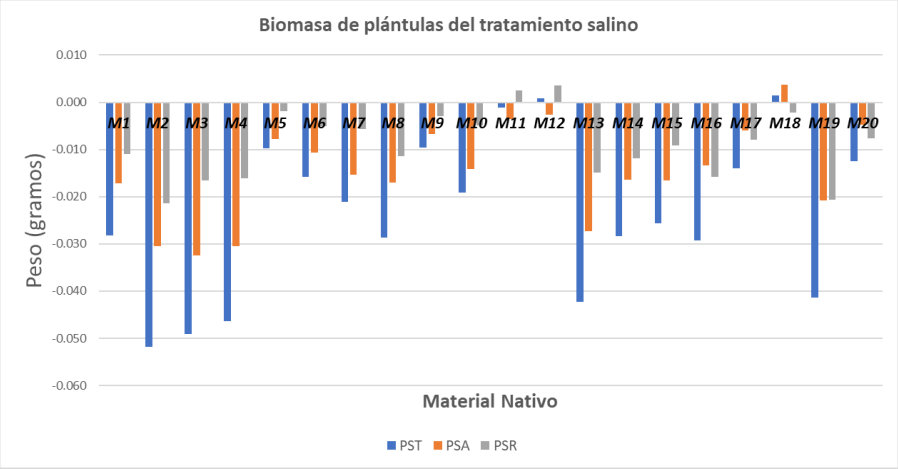


Figura 2. Ajustes en el promedio biomasa de tratamiento salino.

Estos resultados, pueden proporcionar información valiosa sobre la respuesta de los materiales nativos para subsistir en ambientes desfavorables, ya que de acuerdo a Xu *et al*., (2024) la capacidad de germinación y el potencial de crecimiento de las plántulas de trigo disminuyen como respuesta al estrés salino, por lo que la caracterización de la germinación y la biomasa de plántulas se considera un parámetro clave para identificar germoplasma tolerante a la salinidad.

Conclusiones

Los resultados muestran que existen diferencias significativas en la capacidad germinativa y el desarrollo de plántula en biomasa de los materiales evaluados, lo que evidencia su variabilidad genética y su diferencial respuesta a las condiciones de estrés. Los materiales nativos que presentaron menores perdidas en las variables evaluadas (M18, M12 y M11) se podrían considerar tienen cierto grado de tolerancia a la condición de estrés salino, por lo que pueden aprovecharse en las áreas agrícolas afectadas por la salinidad.

Agradecimientos

Se agradece al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo por la contribución del germoplasma evaluado.

Fuente financiadora

Esta investigación se realizó dentro del proyecto “Morfología y estructura radical asociada a la tolerancia al estrés hídrico en materiales nativos de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.)”, financiado por fondos de la UAAAN, número de proyecto: 38111-425105001-2278.

Referencias bibliográficas

Curtis, T., & Halford, N. G. (2014). "Food security: The challenge of increasing wheat yield and the importance of crop improvement." Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 369(1639), 20120291. https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0291

R Core Team R: A Language and environment for statistical computing.; R Foundation for statistical computing: Vienna., Austria (2023). ISBN https://www.r-project.org/

Shrivastava, P., & Kumar, R. (2015). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi Journal of Biological Sciences, 22(2), 123-131. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001

Xu, Y., Weng, X., Jiang, L., Huang, Y., Wu, H., Wang, K., Li, K., Guo, X., Zhu, G., & Zhou, G. (2024). Screening and Evaluation of Salt-Tolerant Wheat Germplasm Based on the Main Morphological Indices at the Germination and Seedling Stages. Plants, 13(22), 3201. https://doi.org/10.3390/plants13223201

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE ECOTIPOS DE CIRUELA DE GUERRERO, MÉXICO

Luis Antonio Flores-Hernández[1]*, Lidia Velazco-Velazco[1], Oscar Martin Antúnez-Ocampo[1], Marco Antonio Otero-Sánchez[2], David Olivares-Morales[2], José Luis Díaz-Nuñez[3], José Luis Solis-Bonilla[4].

[1] INIFAP-Campo Experimental Iguala, Iguala de la independencia, Guerrero, [2] Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Cocula, Guerrero, [3] Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, [4] INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas.
*Autor para correspondencia: flores.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Spondias purpurea* L., Guerrero, selva baja caducifolia.

Introducción

La ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) es un frutal originario de Mesoamérica, posee dos orígenes geográficos distintos; uno hacia la parte central oeste de México (Colima, Jalisco, Nayarit y Michoacán), y otro hacia el sur, que comprende Centroamérica y la parte sur de México (Chiapas, Oaxaca) (Álvarez-Vargas *et al.*, 2017: Miller and Schaal, 2006), a la ciruela también como 'jocote' (del náhuatl Xocotl o fruto ácido) (Álvarez- Vargas *et al*., 2017). En México, las poblaciones de ciruela son un componente común de la selva baja caducifolia, se encuentra cultivada en una gran variedad de suelos y microambientes de este ecosistema.

Su distribución en México abarca desde la costa de Sonora hasta Chiapas, pasando por la Cuenca del Balsas, en la vertiente del Pacífico, en la depresión central de Chiapas, norte de Yucatán y Quintana Roo, así como en el norte de Veracruz y al este de San Luis Potosí, en selvas bajas caducifolias (Villarreal *et al*., 2019). Con respecto a su productividad en 2022 se reportaban 8,401 h establecidas con un valor de producción de 372,690 de pesos (M.N 00/100), donde los principales estados productores son Chiapas (28 %), Jalisco (14 %), Puebla (13 %), Veracruz (8 %) y Guerrero (8 %) quienes en conjunto representan 71 % de la producción del país, y el resto se produce en otros 17 estados de la República (SIAP, 2023).

En México se han reportado cerca de 30 ecotipos de ciruela mexicana, lo que nos indica una amplia diversidad genética en esta especie, en relación a su consumo; Vargas-Simón *et al*. (2011) mencionaron que el fruto de ciruela se consume en estado verde o maduro y se le encuentra en huertos familiares, donde se utiliza para autoconsumo o se comercializa en pequeña escala. Pérez-Arias *et al*. (2008), lo consideraron como un frutal con alto potencial por su bajo costo de producción, debido a que crece en forma espontánea y se adapta a lugares con suelos pobres y delgados donde no se establecen otros cultivos, además, posee alta resistencia a la sequía por su mecanismo de defoliación, el cual le augura un futuro prometedor a quienes lleguen a depender de la explotación de este cultivo.

Objetivo

Por lo que el objetivo de este estudio fue realizar una caracterización morfológica de tres ecotipos chileros de Ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del municipio de Teloloapan, Guerrero.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en un huerto de ciruela mexicana establecido en la localidad de Tlacuitlapa, Municipio de Teloloapan de la región norte del estado de Guerrero, presenta un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, un rango de temperatura de 18-28°C, precipitaciones de 800-1300 mm (INEGI, 2010) a una altitud de 1250 msnm.

Para este estudio se seleccionaron tres ecotipos denominados; Chileros, ciruela Agria y ciruela Venado. En primer lugar, se seleccionaron aleatoriamente cinco árboles de cada ecotipo, se evaluó el diámetro (mm) y longitud (cm) de los brotes, así como el número de yemas y flores de cada brote, así como el número de frutos y el porcentaje de amarre de frutos, el cual se calculó dividiendo el número de frutos entre el número de flores. Se utilizó un refractómetro marca Hanna HI96801, para determinar la cantidad de sólidos solubles totales en 20 frutos de cada árbol seleccionado cuando estos presentaron madurez de consumo. Con los datos obtenidos, se realizó análisis de varianza (ANOVA), las medias se compararon por la prueba de tukey ($p \geq 0.05$), usando el programa estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2013).

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de varianza de varianza (ANOVA) mostraron que las variables evaluadas resultaron con diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1), para los ecotipos de ciruela mexicana de una huerta del Teloloapan, Gro. Los frutos de estos ecotipos son ampliamente reconocidos y comercializados en el estado de Guerrero (Suastegui-Baylon *et al*., 2024), las diferencias que presentan los frutos de estos ecotipos también se observaron en las estructuras reproductivas consideradas en este estudio.

Cuadro 1. Cuadrados medios, coeficiente de variación y medias del análisis de varianza de ecotipos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) evaluadas en Teloloapan, Guerrero.

Fuente de variación	Ecotipo	Error	CV %	Media
Diámetro de brote (mm)	7.38*	1.01	11.0	9.10
Longitud de brote (cm)	493.44*	87.04	19.8	47.16
Número de yemas	405.45**	6.29	17. 6	10.87
Número de flores	5011.92**	61.54	13.5	58.11
Número de frutos por brote	455.05**	8.65	22.4	13.12
Amarre de fruto (%)	381.27**	7.93	11.5	24.5
Sólidos solubles totales (°Brix)	5.20*	0.31	3.9	14.2

* y ** diferencias significativas, p ≥ 0.01 y 0.05, respectivamente; CV = Coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 observamos la comparación de medias para las variables evaluadas, el diámetro de los brotes fue significativamente mayor en ciruela agria, mientras que ciruela venado presento la mayor longitud de brote (50.85 cm), sin embargo, el mayor número de yemas y flores se presentó en el ecotipo ciruela agria, esto indica que las yemas y flores tienen una menor distancia entre ellas en este ecotipo, sin embargo, la mayor cantidad de flores y yemas no significo mayor número de frutos por brote y mayor porcentaje de amarre de fruto (9.15 y 14.6 % respectivamente). Ciruela venado presento el mayor promedio de numero de frutos por brote y mayor porcentaje de amarre de frutos (24 y 31.2 % respectivamente). El ecotipo conservera presento le mayor contenido de solidos solubles totales (15.31 °Brix), este valor es inferior a lo reportado por Pérez-Arias *et al*. (2008) (16.74 °Brix) al estudiar las características físicas y químicas de ciruelas mexicanas que se venden en el estado de Guerrero, mientras que Álvarez-Vargas *et al*. (2017) reporta una media de 16.9 y valores máximos y mínimos de 22.9 y 8.3 °Brix al estudiar 102 árboles de traspatio o huertas comerciales en los estados de Morelos, Guerrero y Chiapas, nuestros valores se encuentran dentro de lo reportado por estos autores. Esto también indica que el contenido de solidos solubles está influenciado por la interacción de genotipo y el ambiente.

Cuadro 2. Comparación de medias de ecotipos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) evaluadas en Teloloapan, Guerrero.

Variable	Ciruela agria	Conservera	Ciruela venado	DHS
Diámetro de brote (mm)	9.90a	7.70b	9.70a	1.81
Longitud de brote (cm)	54.73a	35.91b	50.85ab	16.86
Número de yemas	24.50a	7.50b	10.85b	4.53
Número de flores	82.90a	22.45b	69.00a	14.18
Número de frutos por brote	9.15b	6.20b	24.00a	5.32
Amarre de fruto (%)	14.60b	27.60a	31.20a	5.09
Sólidos solubles totales (°Brix)	13.28b	15.31a	14.12b	1.02

DSH = diferencia significativa honesta. Letras distintas en una columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≥ 0.05).

Conclusiones

Se determinó que existen diferencias en las estructuras reproductivas evaluadas, así como en el contenido de solidas solubles de los ecotipos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) evaluados en Teloloapan

Guerrero. Estas diferencias impactan en el amarre de fruto, lo cual determina nos ayuda a explicar el rendimiento del ecotipo.

Referencias bibliográficas

Álvarez-Vargas, J. E., Alia-Tejacal I., Chavez-Franco S. H., Colinas-León M. T., Nieto-Ángel, D., Fernando Rivera-Cabrera y Aguilar-Pérez L. A. (2017). Ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea* L.) de clima húmedo y seco: calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. Interciencia, 42:653-660.

Miller, A. J., and Schaal, B. A. (2006). Domestication and the distribution of genetic variation in wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae). Molecular Ecology, 15:1467-1480.

Pérez-Arias., G. A., Alia T. I., Andrade R. M., López M. V., Pérez L. A., Ariza F. R., Otero S. M. A. y Villarreal F. J. M. (2008). Características físicas y químicas de ciruelas mexicana (*Spondias purpurea*) en Guerrero. Investigación Agropecuaria. 5:141-149.

Suastegui-Baylon, L., Maldonado Astudillo Y. I., Román M. de O. E., Pérez A. G. A., Jiménez H. J., Juárez L. P., Avonce V. N., López M. V., and Alia T. I. (2024). Ethnobotanical study of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) in the central region of Guerrero State. Botanical Sciences, 102:1184-1200. https://doi.org/10.17129/botsci.3501

Vargas-Simón, G., Hernández-Cupil R., y Moguel-Ordoñez, E. (2011). Caracterización morfológica de ciruela (*Spondias purpurea* L.): En tres municipios del Estado de Tabasco, México. Bioagro, 23:141-149.

COLECTA Y CARACTERIZACIÓN DE ILAMA (*Annona diversifolia* Saf.) EN GUERRERO

Luis Antonio Flores-Hernández[1]*, Lidia Velazco-Velazco[1], Marcelina Vélez-Torres[2], José Luis Díaz-Nuñez[2], José Luis Solís-Bonilla[3], Pablo Noé Núñez-Aragón[4], Marco Antonio Otero-Sánchez[4].

[1]INIFAP-Campo Experimental Iguala, Iguala de la independencia, Guerrero, [2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, [3]INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas, [4]Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), Cocula, Guerrero.
*Autor para correspondencia: flores.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Annona diversifolia* Saf., bosque tropical caducifolio, Guerrero.

Introducción

Annona diversifolia Saff. es una especie perteneciente a la familia Annonacea que agrupa de entre 2,300 a 2,500 especies y más de 130 géneros (Carballo *et al*., 2010) es un árbol perenne originario del suroeste de México y Centroamérica (Guatemala y El Salvador) (Julián-Loaeza *et al*., 2011), en México se le conoce comúnmente como “ilama”, “ilama zapote”, “ilamazapotl” (en lengua náhuatl), “izlama”, “hilama” o “zapote de vieja” se encuentra distribuida en los estados de Colima, Guerrero y México, mientras que en la región de Tehuantepec y Yucatán se le llama “papausa”, “papauce” o “anona blanca” (Ruíz y Morett, 1997), esta especie es típica de los bosques tropicales caducifolios de México y Centroamérica. Los árboles son de porte bajo, pero pueden alcanzar hasta 8.5 m de altura, el tronco no suele tener más de 25 cm de grosor, a menudo ramificándose desde el suelo para formar de tres a seis tallos principales (Julián-Loaeza *et al*., 2011). El hábito de crecimiento es caducifolio o deciduo, constituye uno de los aspectos fenológicos más sobresalientes de está anonácea, lo cual le permite evadir periodos prolongados de estrés hídrico, crecer y fructificar en condiciones de secano, sin ningún tipo de manejo (Otero-Sánchez *et al*., 2015). La ilama produce un fruto exótico muy apreciado por su pulpa comestible de textura suave y sabor agridulce, se consume principalmente en fresco (Gonzales-Trujano *et al*., 2006), el fruto se cosecha una vez que se encuentra agrietado de la cascara en la zona perinducular, las hojas se emplean como agentes anticonvulsivos, analgésicos, antiinflamatorios y antidiabéticos en la medicina tradicional mexicana (Valdes *et al*., 2020). El fruto tiene forma ovalada y los ejemplares más grandes pesan de 500 a 900 g, cada árbol puede producir hasta 50 frutos, los cuales tienen un alto valor en mercados locales y se comercializan en los meses de septiembre y octubre (Valle-Guadarrama *et al*., 2012). Sin embargo, se desconoce la variación genética que presentan los frutos de las poblaciones de ilama en el estado de Guerrero.

Objetivo

Evaluar las características morfológicas de frutos de ilama (*A. diversifolia* Saf.) colectados en la región Tierra Caliente y Norte del estado de Guerrero.

Materiales y métodos

Se realizaron exploraciones de colecta en la región Tierra Caliente en el municipio de Ajuchitlán del Progreso y región Norte en los municipios de Iguala del Progreso y Cocula del estado de Guerrero donde se colectaron de 3 a 5 frutos por árbol de ilama (*A. diversifolia* Saf.) según la disponibilidad de frutos en los árboles, se registraron los datos pasaporte de cada una de las colectas.

Los frutos se trasladaron al INIFAP-Campo Experimental Iguala donde se evaluó la longitud, ancho y anchura (mm) del fruto, así como; el peso de fruto (g), grosor de la cascara (mm), peso total de la semilla (g), contenido de solidos solubles totales (°Brix) y el porcentaje de pulpa fresca (%), el cual se calculó en relación al peso de la semilla y al peso del fruto entero. Para determinar el contenido de solidos solubles totales se colocó una muestra de la pulpa del fruto en un refractómetro marca Hanna HI96801 y se obtuvo directamente la lectura de sólidos solubles totales expresados en °Brix. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), y la prueba de comparación de medias por la prueba de tukey ($p \geq 0.05$). Para el análisis se uso el programa estadístico SAS (SAS Institute Inc., 2013).

Resultados y discusión

Se obtuvieron 38 colectas de ilama (*A. diversifolia* Saf.) en la región del Tierra Caliente y Norte de Guerrero, estas colectas mostraron diferencias estadísticas altamente significativas (p ≤ 0.01) en el análisis de

varianza (ANOVA) para todas las variables evaluadas en los frutos que se colectaron. En el Cuadro 1 se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias.

Cuadro 1. Comparación de medias de colectas de ilama (*A. diversifolia* Saf.) de la región Tierra Caliente y Norte de Guerrero.

COL	PE	AN	AH	LO	BR	GC	PS	PP
AN9	498.4c-h	93.3a-f	100.2a-g	102.9c-g	23.0a-f	3.4jk	49.7a-d	76.2a
AN8	373.8e-h	89.7b-f	87.8e-h	93.3d-g	21.9a-g	5.1e-k	30.6d	56.1a-d
AN7	314.6gh	79.4ef	86.0f-h	100.4d-g	23.5a-e	4.7f-k	52.4a-d	49.6a-e
AN6	221.0h	75.6f	74.1h	81.3g	17.8gh	4.0i-k	29.5d	52.3a-d
AN57	580.4b-g	105.0a-e	105.7a-f	101.7c-g	20.6b-g	6.7a-h	65.6a-d	62.7a-d
AN5	348.2f-h	83.8d-f	79.0gh	101.4c-g	23.1a-e	4.1h-k	47.8a-d	45.1a-f
AN46	894.6a	116.5a	118.9a	133.7ab	25.9a	6.9a-g	77.4a-c	56.1a-d
AN45	342.5f-h	82.6d-f	87.1f-h	93.3d-g	23.8a-d	7.4a-e	62.1a-d	12.26f
AN43	458.2c-h	96.5a-f	94.8b-h	94.3d-g	22.6a-g	8.6a	41.9a-d	31.6c-f
AN42	820.2ab	114.2ab	115.3ab	130.2a-c	17.9f-h	5.7c-j	40.7a-d	75.7a
AN4	415.2d-h	91.4a-f	90.8c-h	98.8d-g	21.6a-g	4.8e-k	60.8a-d	52.2a-d
AN36	387.4d-h	89.6b-f	88.3d-h	109.3a-g	19.4c-h	8.0a-c	85.2a	13.0ef
AN35	337.7f-h	86.6c-f	84.0f-h	96.3d-g	18.9c-h	4.1h-k	65.9a-d	43.7a-f
AN34	762.4a-c	107.7a-d	111.1a-d	119.9a-d	20.8a-g	6.0a-j	36.9cd	54.0a-d
AN33	685.6a-e	102.5a-e	113.0a-c	113.2a-f	23.3a-e	4.0i-k	84.4ab	63.9a-d
AN32	569.9b-g	100.2a-f	99.8a-g	120.9a-d	19.9b-h	6.0a-j	78.1a-c	55.0a-d
AN31	584.5a-g	99.8a-f	105.9a-f	105.5b-g	23.9a-c	6.6a-i	49.3a-d	59.3a-d
AN30	535.2b-h	103.4a-e	100.7a-g	100.5d-g	18.7d-h	5.0e-k	53.9a-d	66.8a-c
AN3	530.6b-h	100.0a-f	92.4b-h	117.0a-e	21.7a-g	5.0e-k	65.8a-d	61.3a-d
AN29	571.3b-g	94.7a-f	99.3a-g	106.5b-g	19.9b-h	8.4ab	46.4a-d	29.5d-f
AN28	649.3a-f	104.5a-e	95.4b-h	117.7a-e	19.6c-h	3.0k	56.6a-d	69.9ab
AN26	564.1b-g	91.6a-f	96.8a-h	119.4a-d	18.7d-h	5.9b-j	77.0a-c	36.9b-f
AN25	521.4b-h	94.9a-f	94.2b-h	111.4a-f	19.0c-h	7.2a-f	53.9a-d	40. 9a-f
AN24	529.3b-h	95.0a-f	101.8a-g	115.0a-f	18.8c-h	5.5c-k	68.6a-d	53.6a-d
AN23	485.3c-h	95.2a-f	93.5b-h	99.8d-g	19.8b-h	4.2g-k	71.1a-d	54.5a-d
AN22	439.4d-h	85.2d-f	82.5gh	105.6b-g	24.9ab	6.5a-i	54.0a-d	30.1c-f
AN21	588.0a-g	100.2a-f	100.8a-g	137.9a	20.5b-g	4.6f-k	53.1a-d	57.5a-d
AN20	699.3a-d	111.8a-c	110.1a-e	118.5a-e	23.5a-d	4.2g-k	84.1ab	72.3ab
AN19	405.8d-h	91.4a-f	90.1c-h	107.5b-g	18.3e-h	5.5c-k	78.1a-c	46.8a-f
AN18	582.2a-g	101.1a-f	97.6a-g	106.0b-g	21.1a-g	6.0a-j	59. 5a-d	57.1a-d
AN16	448.6c-h	95.7a-f	94.0b-h	110.1a-g	21.2a-g	5.9b-j	39.7b-c	62.4a-d
AN15	433.7d-h	95.0a-f	94.6b-h	104.7b-g	18.4e-h	5.9b-j	80.5a-c	37.0b-f
AN14	339.2f-h	83.4d-f	84.8f-h	89.5e-g	20.4b-g	3.85jk	57.4a-d	43.6a-f
AN13	430.9d-h	93.8a-f	94.9b-h	97.1d-g	17.7gh	6.6a-i	43.9a-d	53.7a-d
AN12	321.9gh	80.2ef	83.7f-h	95.8d-g	14.7h	7.8a-d	50.4a-d	40.8a-f
AN11	423.7d-h	83.4d-f	83.6f-h	108.1b-g	22.5a-g	5.2d-k	72.6a-d	31.1c-f
AN10	586.4a-g	97.2a-f	98.9a-g	118.5a-e	19.2c-h	4.8e-k	28.8d	65.8a-d
AN1	366.0f-h	87.3c-f	86.4f-h	87.0fg	20.1b-g	5.4c-k	40.5a-d	55.4a-d
DSH	315.1	25.8	22.9	29.4	5.2	2.6	45.5	36.8

COL = población, PE = peso de fruto (g), AN = ancho de fruto (mm), AH = anchura de fruto (mm), LO = longitud de fruto (mm), BR = solidos solubles totales (°Brix), GC = grosor de cascara (mm), PS = peso de semilla (g), PP = porcentaje de pulpa fresca (%), DSH = diferencia significativa honesta. Letras distintas en una columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≥ 0.05).

Se observa que el mayor peso de fruto se registró en la colecta AN46 (894.6 g), y el menor peso fue en la colecta AN6 con un promedio de 221.0 g, el cual es inferior a lo reportado por Valle-Guadarrama *et al*. (2012), esta colecta también registro el mayor tamaño de fruto (ancho =116.5, anchura = 118.9 y longitud

= 133.7 mm), sin embargo, la mayor longitud se registró en la colecta AN21 (137.9 mm). El mayor contenido de solidos solubles totales (BR) se presentó nuevamente en AN46 (25.9 °Brix) y el menor contenido en AN12 (14.7 °Brix), estos valores son superiores a lo reportado por Valle-Guadarrama *et al*. (2012) al evaluar el efecto del uso de atmósferas modificadas en la calidad poscosecha de frutos de ilama en madurez de consumo. En el caso del grosor de la cascara AN43 tuvo la cascara más gruesa (8.6 mm), mientras que AN28 tuvo el menor grosor (3.0 mm), estos valores son importantes ya que nos permiten seleccionar poblaciones o individuos que sean más resistentes al daño mecánico durante el manipuleo de cosecha y poscosecha, como se ha reportado en otras especies (Osuna-García *et al*., 2007). El mayor promedio de peso de semilla (PS) fue en AN36, sin embargo, esta colecta también presento uno de los promedios más bajos en el porcentaje de pulpa (13.0 %), esto indica la relación que hay entre estas variables, las colectas AN9 y AN42 tuvieron los mejores promedios (76.2 y 75.7 % respectivamente), estos promedios son mayores a los reportados por Moreno-Velázquez *et al*. (2008) al estudiar los cambios bioquímicos, biofísicos y fisiológicos durante el desarrollo del fruto de ilama con pulpa blanca y rosa (Cuadro 1).

Conclusiones

Existe una importante variación genética en frutos de ilama (*A. diversifolia* Saf.), de la región Tierra Caliente y Norte Guerrero. Esta variación ha sido poco estudiada y valorada, sin embargo, representa un importante recurso genético del bosque tropical caducifolio. El estudio de los recursos genéticos en cuanto a su diversidad y variación genética es importante para tomar decisiones enfocadas a su conservación y aprovechamiento. Las colectas AN46, AN9 y AN42 representan un importante recurso para el inicio de un programa de mejoramiento genético.

Referencias bibliográficas

Carballo, A. I., Martínez A. L., González-Trujano M. E., Pellicer F., Ventura-Martínez R., Díaz-Reval M. I., and López-Muñoz, F. J. (2010). Antinociceptive activity of *Annona diversifolia* Saff. leaf extracts and palmitone as a bioactive compound. Pharmacology, Biochemistry and Behavior, 95:6–12. https://doi.org/10.1016/j.pbb.2009.11.017

Julián-Loaeza, A. P., Santos-Sánchez N. F., Valadez-Blanco R., Sánchez-Guzmán B. S. and Salas-Coronado R. (2011). Chemical composition, color, and antioxidant activity of three varieties of *Annona diversifolia* Safford fruits. Industrial Crops and Products, 34:1262-1268. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.06.012

Otero-Sánchez, M. A., Ruiz-Posadas, L. M., Becerril-Román, A. E., Michel-Aceves, A. C., Barrios-Ayala, A., Ariza-Flores. R. (2015). Fenología y fisiología de ilama (*Annona diversifolia* Saf.). Agro productividad, 8:12-19.

Valdés, M., Calzada F., Mendieta-Wejebe J. E., Merlín-Lucas V., Velázquez C., and Barbosa E. (2020). Antihyperglycemic effects of *Annona diversifolia* Safford and its acyclic terpenoids: α-Glucosidase and selective SGLT1 inhibitiors. Molecules, 25:3361. https://doi.org/10.3390/molecules25153361

Valle-Guadarrama, S., Ruiz-Sánchez X. G., Saucedo-Veloz C., Gómez-Cruz A., & Marroquín-Andrade L. M. (2012). Comportamiento postcosecha de frutos de ilama (*Annona diversifolia*) en madurez comestible almacenados en atmósfera modificada. Revista fitotecnia mexicana, 35:75-81.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SEMILLA DE ACCESIONES DE ALGODÓN *Gossypium hirsutum*

Ma. del Rosario Tovar-Gómez[1]*, Claudia Pérez-Mendoza[1], Beatriz Tovar-Gómez[2], Cecilia G. Serrano de la Paz[2]

CIRCE CEVAMEX, INIFAP. [2]Instituto Tecnológico de Tepic.
* Autora para correspondencia: tovar.rosario@inifap.gob.mx

Palabras clave: Algodón, semilla-cascarilla, análisis proximal.

Introducción

México es el centro de origen del algodón G*ossypium hirsutum* y, esta especie, ocupa el 95% de la producción mundial de la fibra (Lee y Fang, 2015), además de tener también, un lugar importante en la producción de aceite. En cuanto la diversidad genética de este género, es importante determinar el uso potencial de las especies; esto, con la finalidad de realizar un mejor aprovechamiento tanto ecológico, como económico y social de estos recursos genéticos invaluables para México. La semilla de algodón comprende tres tipos de producto, la borra que crece a partir de su cubierta exterior, la cáscara (cubierta de la semilla) y el grano (Cheng *et al.,* 2020). La semilla de algodón eliminada durante el proceso de despepite es transportada a las fábricas productoras de aceite. La semilla limpia es convertida en aceite y grasas para consumo humano, así como en subproductos (harinolina y cascarilla) para alimento del ganado, principalmente rumiantes. Considerando lo anterior, el objetivo de este estudio, fue determinar la composición química de cinco accesiones de algodón de la especie G*ossypium hirsutum*.

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo de manera conjunta entre el Programa de Forrajes del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos (LIIA) del Instituto Tecnológico de Tepic, Nayarit. El estudio se llevó a cabo en dos fases: en la primera se realizó la colecta por dos estados de la República Mexicana; Guerrero (Acapulco 2, Zihuatanejo 13 y Tecpa de Galeana 23) y Oaxaca (Puerto Escondido 24 y Pochutla 41). En la segunda fase se llevó a cabo el análisis químico a las cinco accesiones de algodón y el procedimiento a seguir antes de realizar este análisis fue el siguiente: se pesaron 50 semillas de cada accesión y se separó la borra, la cascarilla y la almendra. Además, se determinó la humedad de la semilla entera, fraccionada y de la borra. La cascarilla y la almendra se molieron por separado en un molino Willey con una malla de 1 mm de diámetro. Posteriormente, se determinó el contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (CEN) tanto en la almendra como en la cascarilla de las accesiones de algodón. El contenido de extracto libre de nitrógeno (ELN) se obtuvo como el resultante de restar a 100 los porcentajes calculados para cada nutriente. Los resultados son reportados en base 100% materia seca. Todos los análisis se llevaron a cabo de acuerdo con las técnicas reportadas por la AOAC (2005), El diseño de tratamientos utilizado fue completamente al azar con tres repeticiones. Se realizaron los análisis de varianza y para las variables que resultaron significativas, se efectuaron pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey $\alpha = 0.05$, utilizando el programa estadístico de SAS® (SAS, 2000).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se presenta el análisis de varianza para las variables de composición química de la almendra de la semilla cinco accesiones de algodón *Gossypium hirsutum* de los estados de Guerrero y Oaxaca y, como se puede apreciar, se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.0001$) para todas las variables evaluadas, excepto para el contenido de proteína ($P \geq 0.05$), lo cual indica que al menos una accesión es diferente del resto de las accesiones evaluadas. Los coeficientes de variación fueron bajos en todas las variables; en tanto que los valores del coeficiente de determinación (R^2) estuvieron cercanos a 1, lo que indica un buen ajuste del modelo estadístico; sin embargo, para el contenido de proteína el valor de la $R^{2,}$ fue menor (0.61).

Como se puede observar, en el Cuadro 2, se presenta el análisis de comparación de medias para las variables de composición química de la almendra de las diferentes accesiones de algodón evaluadas. La materia orgánica comprende los nutrimentos (proteínas, carbohidratos y lípidos) que se pueden oxidar en el organismo para obtener energía (Tamminga, 1982). En este estudio se encontraron valores que van de

94.8 a 97.6% observándose que la ACC24, Oaxaca presentó el valor más alto (97.6%), marcando la diferencia en comparación con las demás accesiones evaluadas. En cuanto al contenido de cenizas, se puede observar que cuatro de las cinco accesiones de algodón fueron similares a excepción de la ACC24, la cual presentó el valor más bajo (2.4%).

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables de composición química de la almendra de la semilla de cinco accesiones de algodón *Gossypium hirsutum* de los estados de Guerrero y Oaxaca.

Factor	Variables±					
	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Extracto Etéreo (%)	Proteína (%)	Fibra Cruda (%)	Extracto No Nitrogenado (%)
Accesiones	4.34**	4.34**	17.42**	19.19NS	242.03**	169.84**
CV	0.23	4.92	1.43	8.21	11.06	9.33
R^2	0.97	0.97	0.97	0.61	0.95	0.97

NS= No significativo, P≤ 0.0001 = **, C.V. = Coeficiente de Variabilidad, R^2= Coeficiente de Determinación.

Cuadro 2. Comparación de medias para las variables de composición química de la almendra de la semilla en cinco accesiones de algodón *Gossypium hirsutum* de los estados de Guerrero y Oaxaca.

Accesiones/ Estado	Variables±					
	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Extracto Etéreo (%)	Proteína (%)	Fibra Cruda (%)	Extracto No Nitrogenado (%)
ACC2, Guerrero	94.9 b	5.1 a	32.4 c	24.2 a	16.5 c	21.9 a
ACC13, Guerrero	95.2 b	4.9 a	37.8 a	29.7 a	12.8 c	15.0 b
ACC23, Guerrero	94.8 b	5.2 a	32.6 c	26.2 a	32.8 a	3.1 c
ACC24, Oaxaca	97.6 a	2.4 b	35.6 b	25.2 a	25.2 b	16.5b
ACC41, Oaxaca	95.0 b	5.0 a	32.4 c	29.6 a	11.9 c	21.1 a
Media	95.5	4.5	34.1	26.9	19.8	15.5
DMSH	0.60	0.60	1.31	5.95	5.90	3.89

DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05).

El contenido de extracto etéreo (aceite) de la almendra de la semilla de las cinco accesiones varió de 32.4 a 37.8% sobresaliendo, por arriba de la media, ACC13 y ACC 24, lo cual es muy importante para la industria aceitera y en la alimentación animal, por su aporte de energía. Para la concentración de proteína, aunque estadísticamente las accesiones de algodón fueron iguales, ACC13 de Zihuatanejo Gro. y ACC41 de Pochutla Oax. mostraron el mayor contenido, también con valores más altos que la media; además, estas accesiones presentaron el menor contenido de fibra. El extracto libre de nitrógeno, está formado principalmente por carbohidratos fácilmente aprovechables, como azúcares y almidones, pero también puede contener algo de hemicelulosa y lignina y, en este contexto, ACC2 de Acapulco Gro. y ACC41, fueron las que tuvieron la mayor concentración de extracto no nitrogenado.

Por otra parte, en el Cuadro 3, se presenta el análisis de varianza para las variables de composición química de la cascarilla de las diferentes accesiones de algodón, en donde se observaron diferencias significativas (P≤ 0.005) para todas las variables evaluadas. El coeficiente de variación (CV) obtenido fue bajo en la mayoría de las variables, lo que indica una alta repetitividad de los resultados; sin embargo, no fue así para el contenido de extracto etéreo, el cual presentó un valor más alto (33.95%) lo que mostró una gran variabilidad en los datos de esta variable, con respecto a su media. Los valores del coeficiente de determinación (R^2) estuvieron cercanos a 1, excepto, en extracto etéreo.

En el Cuadro 4 se presenta la comparación de medias para las variables de composición química de la cascarilla de la semilla de cinco accesiones de algodón. Como se puede apreciar, para los contenidos de materia orgánica y ceniza de la mayoría de las accesiones de algodón, los resultados fueron similares, excepto para ACC24 de Puerto Escondido, Oax., quien marcó la diferencia con valores, respectivamente, con 93.3% y 6.7%. La concentración de extracto etéreo (0.3 a 2.3%) y el contenido de proteína de la cascarilla de algodón (2.0 y 9.8%) en general fueron bajos, comparados con el contenido de este nutrimento en la almendra de la semilla; pero la concentración de fibra fue alta variando de 40.7 a 54.9%, así como la del contenido de extracto no nitrogenado (35.3 a 48.6%). Por su alto contenido de fibra, la cascarilla,

subproducto de la semilla de algodón, es un ingrediente importante; ya que, se utiliza principalmente en la alimentación de rumiantes, mejorando la digestión del animal.

Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables de composición química de la cascarilla de la semilla en cinco accesiones de algodón *Gossypium hirsutum* de los estados de Guerrero y Oaxaca.

Factor	Variables±					
	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Extracto Etéreo (%)	Proteína (%)	Fibra Cruda (%)	Extracto No Nitrogenado (%)
Accesión	10.23**	10.23**	1.57*	27.51**	134.91**	100.45*
CV	0.32	9.15	33.95	10.50	4.62	7.29
R^2	0.98	0.98	0.77	0.98	0.91	0.82

NS= No significativo, P≤ 0.001= *, P≤ 0.0001 = **, C.V. = Coeficiente de Variabilidad, R^2= Coeficiente de Determinación.

Cuadro 4. Comparación de medias para las variables de composición química de la cascarilla de la semilla de cinco accesiones de algodón *Gossypium hirsutum* de los estados de Guerrero y Oaxaca.

Accesiones/ Estado	Variables±					
	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	Extracto Etéreo (%)	Proteína (%)	Fibra Cruda (%)	Extracto No Nitrogenado (%)
ACC2, Guerrero	97.4 a	2.6b	0.3c	4.0b	54.8a	38.2bc
ACC13, Guerrero	97.6 a	2.4b	1.2bac	9.8a	40.7b	45.9ba
ACC23, Guerrero	97.2 a	2.8b	1.1bc	3.8b	54.9a	37.5c
ACC24, Oaxaca	93.3 b	6.7a	2.3a	2.0c	53.6a	35.3c
ACC41, Oaxaca	97.4 a	2.6b	1.5ba	3.1 bc	44.2b	48.6a
Media	96.6	3.4	1.3	4.5	49.7	41.1
DMSH	0.84	0.84	1.15	1.28	6.17	8.05

DMSH= Diferencia Mínima Significativa Honesta. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P≤ 0.05).

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se concluye que las diferencias en composición química de la semilla están dadas por el genotipo de algodón, entre otros factores. Además, en la almendra de la semilla de algodón, se encuentra la mayor concentración de cenizas (minerales), de extracto etéreo (aceite) y de proteína y, en la cascarilla, el más alto contenido de fibra y extracto no nitrogenado (carbohidratos fácilmente aprovechables). Asimismo, la accesión 13 de Zihuatanejo, Guerrero, resultó ser la más sobresaliente por su alto contenido de aceite, proteína y con una menor concentración de fibra en la almendra; seguida por las accesiones 24 de Puerto Escondido Oax., y 41 de Pochutla, Oax., por lo que su uso resulta relevante tanto en la industria aceitera como en las dietas para el ganado.

Agradecimientos

Las autoras desean expresar sus Agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a la Secretaría de Agricultura (SADER) a través del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI)-SNICS por el apoyo económico otorgado para este estudio.

Referencias bibliográficas

A.O.A.C. 2015. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemist, 15th. Washington D.C.

Cheng, H. N., He, Z., Ford, C., Wyckoff, W., & Wu, Q. 2020. A Review of Cottonseed Protein Chemistry and Non-Food Applications. *Sustainable Chemistry*, *1*(3), 256-274.

Lee JA, Fang DD. 2015. Cotton as a world crop: origin, history, and current status. *In*: Cotton. D. D. Fang and R. G. Percy (eds.). American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc. United States. pp:1-24.

S.A.S. SAS/STAT. 2000. Guide for personal computers. Statical Analysis System Institute. NC. USA.

MÉTODO SENCILLO PARA EL FENOTIPADO Y ANÁLISIS MASIVO DE SEMILLAS

Alma Armenta-Medina[1]*, Javier Mora-Macias[2], Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez[1], Juan Manuel Pichardo González[1], José Luis Aguirre Noyola[1], Marco Antonio Ramírez Mosqueda[1]

[1]CNRG-INIFAP y [2]MATTIVI México.
*Autor para Correspondencia: armentam.alma@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fenotipado, semilla, automatización.

Introducción

La evaluación de características morfológicas en semillas, como su tamaño y forma, es una actividad clave para conocer y conservar la diversidad biológica, así como para su utilización en el mejoramiento genético y la caracterización de variedades. Sin embargo, esta tarea se realiza frecuentemente de forma manual, lo que implica un proceso lento, impreciso y con alta posibilidad de sesgo del operador. Aunque existen algunos métodos automatizados estos no son accesibles para cualquier laboratorio (Halcro *et al*., 2020; Nikam MSV y Kakatkar, 2013).

Este trabajo surge a partir de la oportunidad que representa el acceso a la vasta colección de semillas resguardada en el CNRG-INIFAP. Fenotipar esta colección puede ofrecer información valiosa para conservacionistas, investigadores, fitomejoradores, agricultores y comerciantes interesados en conocer las características del germoplasma disponible. No obstante, el volumen de muestras es elevado, lo cual hace inviable su análisis mediante métodos tradicionales. Para enfrentar este reto, se propuso implementar un método sencillo, rápido y reproducible que permita la captura sistemática de imágenes mediante una estación fotográfica simple y de bajo costo, asociada con el uso de software de código abierto, gratuito y de fácil acceso en internet, diseñado de tal manera que asegure imágenes de calidad adecuada para capturar y analizar las características morfológicas.

En este trabajo se estableció, en siete pasos, un procedimiento que abarca desde la captura de imágenes —mediante una estación de iluminación y un teléfono celular— hasta el análisis de las características morfológicas y el procesamiento estadístico, con el objetivo de identificar diferencias y medir la variabilidad dentro y entre las semillas. Como prueba de concepto, se utilizó una muestra de semillas de frijol, lo que permitió validar la funcionalidad y reproducibilidad del método propuesto.

Objetivo

Desarrollar un método accesible y eficiente para la adquisición y análisis masivo de características morfológicas de semillas (tamaño y forma), utilizando fotografía digital y software de código abierto para el análisis de imágenes y estadístico.

Materiales y métodos

- Caja de estudio plegable con luz LED en anillo de 25 cm (PULUZ 9.8"/25cm).
- Cámara digital de Iphone14, versión iOS 18.5.
- Software de análisis de imagen: ImageJ, https://imagej.net/software/fiji/downloads (JDK) (Rasband, 2012, Schneider *et al*, 2012)
- Software de análisis estadístico: R package, https://posit.co/download/rstudio-desktop/ (R Core Team, 2021)
- Líneas de frijol.

Resultados y discusión

En este trabajo se estableció un procedimiento para el fenotipado de semillas, utilizando como ejemplo semillas de cinco genotipos de frijol Phaseolus vulgaris (Pv_B_002, Pv_C_012, Pv_Y_008, Pv_V_007 y Pv_B_012). Se evaluaron características morfológicas como área, perímetro y redondez mediante un proceso simple, rápido, preciso y de bajo costo. El procedimiento incluyó los siguientes pasos que se muestran en la Figura 1:

Paso 1. (Tiempo:) Preparación de la estación fotográfica. Se utilizó una caja de estudio plegable con luz LED en anillo de 25 cm. Esta fue conectada a una computadora mediante un cable USB para activar la iluminación, utilizando la máxima intensidad lumínica disponible, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Paso 2. Colocación de las semillas. Las semillas se colocaron dentro de la caja, evitando su sobreposición para facilitar el análisis de imagen, en este caso se utilizaron 10 semillas por genotipo como representación de la variabilidad fenotípica.
Paso 3. Captura de imágenes. Se colocó un teléfono celular con cámara sobre la abertura circular de la caja, directamente encima de las semillas. Se enfocaron correctamente para asegurar imágenes de buena calidad. Se incluyó una regla dentro del campo visual como referencia de escala para calibración posterior.
Paso 4. Transferencia de imágenes. Se tomaron las fotografías manteniendo una escala homogénea entre todas las muestras. Las imágenes fueron transferidas a una computadora para su análisis.
Paso 5. ConFiguración de software. Se descargó e instaló el software de código abierto ImageJ.
Paso 6. Análisis morfológico en ImageJ. Las imágenes fueron cargadas en ImageJ. Utilizando la regla como referencia, se midió una distancia conocida (1 cm) con la herramienta de regla y se estableció la escala mediante la opción "Analyze > Set Scale". Posteriormente, se binarizó la imagen para facilitar la detección de partículas, se delimitó el área de análisis con la herramienta de reCuadro, y se aplicó "Analyze > Analyze Particles", ajustando el parámetro de tamaño mínimo para excluir objetos no deseados. Las medidas de área, perímetro y redondez se obtuvieron desde la ventana de resultados.
Paso 7. Análisis estadístico. Se cargaron los paquetes necesarios en R (plyr, ggplot2, multcompView, cowplot) y se importaron los datos obtenidos de ImageJ en formato .csv. Se definió un factor para los tratamientos y se construyó un dataframe incluyendo las variables genotipo, área, perímetro y redondez de las semillas. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de Tukey (TukeyHSD). Se implementó una función personalizada para generar etiquetas de comparación estadística (letras) mediante multcompLetters. Estas se integraron en una gráfica tipo boxplot generada con ggplot2, complementada con la visualización de puntos individuales mediante geom_jitter. Finalmente, el gráfico fue personalizado (colores, ejes, tipografía) y exportado como PDF usando ggsave. El algoritmo utilizado para el análisis estadístico está disponible bajo solicitud al Autor para correspondencia.

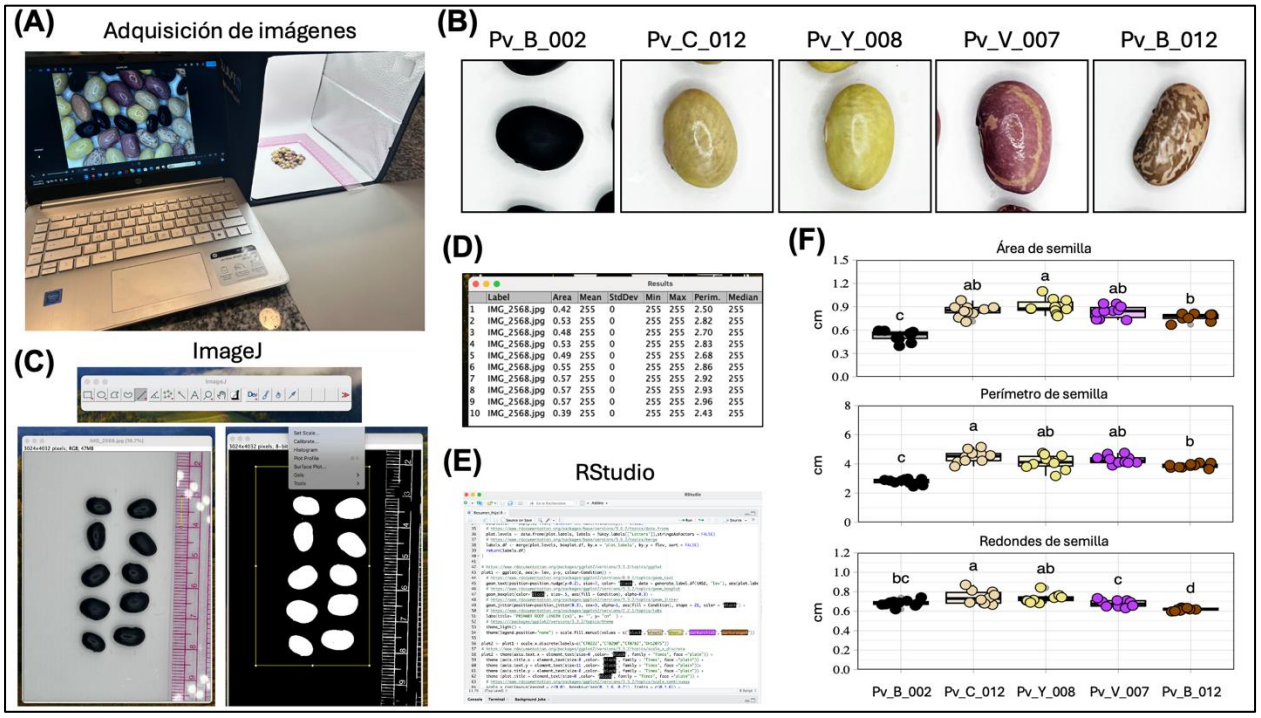


Figura 1. Procedimiento de fenotipado morfológico de semillas de frijol. (A) Estación fotográfica con caja de luz LED y teléfono celular para la captura de imágenes. (B) Análisis de imágenes en ImageJ: calibración de escala con regla y conversión a imagen binaria para segmentación. (D) Resultados del análisis morfológico en ImageJ: área, perímetro y redondez. (E) Análisis estadístico en RStudio mediante ANOVA y prueba de Tukey. (F) Comparación gráfica de las características morfológicas (área, perímetro y redondez) entre genotipos. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

El procedimiento permitió fenotipar las semillas y extraer datos morfológicos como área, perímetro y redondez, los cuales fueron utilizados para analizar la diversidad entre las muestras. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos de frijol evaluados. Este método puede ser extrapolado para el análisis de un mayor número de variedades de frijol, así como de otras especies.

Conclusiones

Este procedimiento representa una herramienta eficiente, flexible y económica para el fenotipado morfológico masivo de semillas. Su implementación permite estandarizar la adquisición de datos, reducir tiempos de análisis, y aumentar la precisión y reproducibilidad del proceso. Es especialmente útil en contextos donde se evalúan grandes volúmenes de muestras, como programas de mejoramiento genético.

Agradecimientos y Fuente financiadora

Se agradece el apoyo del equipo técnico y académico involucrado en la implementación de este procedimiento, así como al personal de MATTIVI México y CNRG-INIFAP. Este trabajo fue desarrollado como parte de una estrategia de colaboración para la digitalización y análisis masivo en programas de conservación y mejoramiento genético de plantas.

Referencias bibliográficas

Halcro, K., McNabb, K., Lockinger, A. et al. The BELT and phenoSEED platforms: shape and colour phenotyping of seed samples. Plant Methods 16, 49 (2020).

R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.URL https://www.R-project.org/.

Rasband, Wayne S. "ImageJ: Image processing and analysis in Java." Astrophysics Source Code Library (2012): ascl-1206.

Schneider, Caroline A., Wayne S. Rasband, and Kevin W. Eliceiri. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis." Nature methods 9.7 (2012): 671-675.

Nikam MSV, Kakatkar MN. Seed property measurement with image analysis. Int J Sci Eng Res 2013;4(7):5.

ESCÁRCEGA FL24: VARIEDAD DE ARROZ PARA EL SURESTE MEXICANO

Edwin Javier Barrios-Gómez[1*], Jaime Canul-Ku[1], Roberto de la Cruz Díaz-Juárez[1], Marianguadalupe Hernández-Arenas[1], Enrique Inocencio Canales-Islas[2], Juan Patishtan-Pérez[3]

[1]CE Zacatepec-CIRPAS-INIFAP, [2]CE Santiago Ixcuintla-CIRPAC-INIFAP, [3]CE Las Huastecas-CIRNE-INIFAP.
*Autor para correspondencia: barrios.edwin@inifap.gob.mx

Palabras clave: Mejoramiento genético, arroz, grano delgado.

Introducción

El cultivo de arroz en México es de vital importancia para la alimentación humana, la cual se estima en base al crecimiento continuo que serán 130 millones de habitantes para el año 2030. En nuestro país ocupa el cuarto lugar como cultivo básico, después del maíz, frijol y trigo. Actualmente, en promedio se consumen al año alrededor de ocho kilogramos por persona. En México, en el año 2022 durante los ciclos agrícolas OI+PV se sembraron 37,994.56 ha de arroz, de las cuales se cosecharon el 99.74%, lo que arrojó una producción de 246,317.45 t de arroz palay. Del total de la superficie sembrada, el 78.51% (29,828.58 ha) correspondió a la modalidad bajo riego y el 21.49% (8,165,98 ha) a temporal. Los estados con mayor producción bajo la modalidad de riego fueron Nayarit, Campeche, Michoacán y Veracruz con 68,329; 34,091; 33,455 y 22,576 t de arroz palay, respectivamente (SIAP, 2024).

La entidad que tiene una mayor aportación en superficie sembrada es Nayarit con 11,823.00; seguido de Campeche 7,350.00; Veracruz 3,935.00; y Michoacán con 3,899.95 ha, respectivamente (SIAP, 2024). La variedad que predomina en México es la Milagro Filipino (70% de la producción nacional con este tipo de grano) que se distingue por el grano corto, grueso con un 10% de centro blanco, de ella se obtiene la mayor parte de la producción nacional. Le sigue en importancia las variedades de grano delgado y cristalino tipo Sinaloa, y por último, el grano tipo Morelos, cuyo grano es largo y grueso, con 20% de centro blanco. En México el rendimiento promedio reportado en el año 2023 fue de 6.8 t por ha (SIAP, 2024). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a través del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz implementado durante varias décadas, ha liberado muchas variedades mejoradas con excelentes características agronómicas, cuyos granos presentan alta calidad industrial y cualidad culinaria. La nueva variedad de arroz Escárcega FL24 cumple con lo señalado anteriormente. Este trabajo tiene como objetivo describir el proceso de generación, evaluación y validación; así como, las características más importantes y distintivas, como el potencial de rendimiento y la calidad industrial del grano de la variedad Escárcega FL24.

Materiales y métodos

La línea FL10164-7P-3-1P-1P-M, proviene de la población FL10164, la cual fue producida por el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) en Palmira, Colombia en el año 2008. Fue obtenida mediante cruzamiento trilineal (FL05372-7P-4-3P-1P-M/FL07175-1P-1-3P-1P//FL03784-13P-14-1P-1P-M) y fue avanzada generacionalmente por el método genotécnico de pedigrí hasta producir la línea F6, que fue incluida en el vivero VF-2011. Su posterior desarrollo, evaluación, caracterización y estabilización se llevó a cabo en México.Entre 2012 y 2014 se trabajó en diferentes ambientes de evaluación ubicadas en siete entidades del país: Morelos, Campeche, Tabasco, Veracruz, Nayarit, Michoacán y San Luis Potosí; en estos se incluyeron los materiales genéticos restantes introducidos a México. Se desarrolló un vivero de observación, un ensayo preliminar de rendimiento, y un ensayo compacto de rendimiento. Las evaluaciones realizadas durante este período mostraron un grupo de materiales con características agronómicas sobresalientes, en el cual se distinguió la línea FL 10164-7P-3- 1P-1P-M por su excelente arquitectura de planta, buen tipo de grano, potencial de rendimiento alto, de ciclo más precoz a madurez del grano, y su tolerancia a enfermedades fungosas y plagas, en especial a sogata causado por *Tagosodes orizicolus*. En el periodo de 2015 a 2018, se continuó con diferentes trabajos y acciones encaminadas para homogenizar el material de acuerdo a las características o arquetipo previamente definido, de esta manera se eligieron o seleccionaron plantas con tallos fuertes resistentes al acame, de paja corta, buena exerción de la panícula, hoja bandera erecta, y libres de plagas y enfermedades fungosas o bacterianas; y en cuanto a grano que fueran largos y delgados completamente cristalinos, de buena calidad industrial, y de preferencia con recuperación de granos enteros por arriba del 60%. En 2015 se realizó una selección en masa, en

2016 y 2017 selecciones por panícula y en 2018 una última selección masal obteniéndose la genealogía final completa FL 10164-7P-3- 1P-1P-M-7PZa-9PZa-SMZa-100pZa-100pZa-SMZa. Por último, la línea completamente homogénea fue caracterizada aplicando el descriptor TG/16/9 (SNICS, 2020) de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) durante 2019 y 2020 en el Campo Experimental Zacatepec, Morelos.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en las diferentes evaluaciones para rendimiento indican que la variedad Escárcega FL24 tiene buen comportamiento en las regiones productoras de arroz del trópico seco y húmedo mexicano; además, de ser más precoz que la variedad Pacifico FL15 y mostrar baja incidencia en manchado de grano. El rendimiento medio en varias localidades y diferentes ciclos de cultivo de esta variedad en comparación con INIFLAR R se muestra en el Cuadro 1. La variedad candidata superó en 30% al testigo. Esto demuestra el potencial de este material para las diferentes zonas arroceras del país.

Cuadro 1. Rendimiento experimental en kg ha^{-1} de las variedades Escárcega FL24 e INIFLAR R.

Localidad	INIFLAR R	Escárcega FL24
Nayarit (PV 2019)	5,900	7,600
Nayarit (OI 2019-2020)	6,750	9,800
Nayarit (PV 2021)	6,800	7,800
Veracruz (OI 2019)	6,900	9,900
Campeche (PV 2023)	5,100	9,800
Media	6,290	8,980

Los resultados obtenidos en las diferentes evaluaciones para rendimiento indican que la variedad Escárcega FL24 tiene buen comportamiento en las regiones productoras de arroz del trópico seco y húmedo mexicano; además, de ser más precoz que la variedad Pacifico FL15 y mostrar baja incidencia en manchado de grano. El rendimiento medio en varias localidades y diferentes ciclos de cultivo de esta variedad en comparación con INIFLAR R se muestra en el Cuadro 2. La variedad candidata superó en 30% al testigo. Esto demuestra el potencial de este material para las diferentes zonas arroceras del país.
Las características agronómicas de la variedad Escárcega FL24 y del testigo comercial se presentan en el Cuadro 2. La nueva variedad se distingue por el menor ciclo para alcanzar la etapa fenológica de floración y de madurez del grano.

Cuadro 2. Características morfológicas y agronómicas de las variedades Escárcega FL24 e INIFLAR R. PV, 2023.

Característica	Escárcega FL24	INIFLAR R
Hábito de crecimiento	Erecto	Erecto
Altura de planta (cm)	125	91
Floración (días)	90	101
Madurez (días)	120	135
Resistencia al acame	Fuerte	Moderadamente fuerte
Respuesta a Pirycularia	Resistente	Resistente
Respuesta a manchado del grano	Resistente	Resistente
Habilidad de amacollamiento	Intermedio	Intermedio
Tipo de grano	Largo-Extralargo	Medio
Desgrane	Intermedio	Intermedio
Estabilidad	Buena respuesta en todos los ambientes	Buena respuesta en todos los ambientes

Los resultados de calidad molinera y culinaria de las variedades Escárcega FL24 e INIFLAR R se muestran en el Cuadro 3. Estos fueron obtenidos en el Laboratorio del Molino de Arroceros de la Costa del Nayar ubicado en la carretera Sauta-Papalote km 3.5 Sauta, Nayarit.

Cuadro 3. Características de calidad molinera y de grano de las variedades Escárcega FL24 y INIFLAR R.

Característica	Escárcega FL24	INIFLAR R
Arroz moreno (%)	80	78
Arroz pulido (%)	73	72
Arroz entero (%)	62	57
Arroz medio grano (%)	5.6	7
Largo (mm)	6.1-6.9	5.2-6.6
Forma	Largo-Extralargo	Medio-Medio
Amilosa (%)	28	27

Conclusiones

La variedad Escárcega FL24, de grano largo delgado, se puede cultivar en condiciones de temporal o temporal con riegos de auxilio en el trópico húmedo del sureste (Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Campeche y Chiapas) y trópico sub-húmedo del noreste (Tamaulipas), así como bajo riego en el trópico seco de la vertiente del pacífico (Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán).

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen el apoyo económico proporcionado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP a través de recursos fiscales para el desarrollo de la mejora genética de arroz.

Referencias bibliográficas

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2024) Avance de siembras y cosechas. Año 2023. Arroz palay. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (diciembre, 2024).

SNICS. 2020. Regla para la calificación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.).

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) (2020) Arroz (*Oriza sativa* L.) Directrices para la ejecución del examen de distinción, homogeneidad y estabilidad. Ginebra, Suiza. 35 p.

EVALUACIÓN DE FAMILIAS DE MEDIOS HERMANOS DE SWITCHGRASS (*Panicum virgatum* L.) PARA DESARROLLAR VARIEDADES PRODUCTORAS DE BIOMASA CON FINES BIOENERGÉTICOS

Daniel Aldaco-Gómez[1]*, Juan Manuel Martínez-Reyna[1], Susana Gómez-Martínez[1].

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
*Autor para correspondencia: dag.1818@gmail.com

Palabras clave: *Panicum virgatum*, biocombustibles, componentes principales.

Introducción

"*Panicum virgatum* L. (switchgrass) es una gramínea perenne alógama, caracterizada por un sistema de autoincompatibilidad que limita su autopolinización a tasas inferiores al 1 %. Esta gramínea perenne, originaria de América del Norte, ha sido utilizada durante más de 70 años como recurso forrajero y para la conservación de suelos (Lee *et al*., 2024). A partir de la década de 1990 fue reconocido como cultivo energético de segunda generación, debido a su elevado rendimiento de biomasa y su adaptabilidad a suelos marginales.

Según Gunderson *et al*. (2008), las variedades del ecotipo *upland* presentan rendimientos potenciales de biomasa de 18 a 20 t ha^{-1} de materia seca, mientras que las del ecotipo *lowland* alcanzan entre 23 y 27 t ha^{-1}. Se estima que por cada tonelada de materia seca pueden obtenerse entre 300 y 500 litros de etanol, cifra comparable con los 400 litros por tonelada de grano de maíz y superior a los 80–140 litros derivados de la caña de azúcar (USDA-ARS, 2007).

En Estados Unidos de América se han generado numerosas variedades mejoradas de esta especie, tres de ellas especializadas en la producción de biomasa combustible. Dado que México carece de variedades mejoradas de esta especie, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar morfológica y agronómicamente 16 familias de medios hermanos del programa de mejoramiento genético de gramíneas perennes de la UAAAN, con miras a seleccionar genotipos promisorios para la producción de biomasa destinada a bioetanol y bioplásticos.

Materiales y métodos

Se utilizaron 16 familias de medios hermanos (FMH) obtenidas de lote de recombinación de 11 plantas seleccionadas por su producción de biomasa y ciclo tardío en Zaragoza, Coah.

El experimento se realizó en Buenavista Saltillo, Coah. en el campus de la UAAAN, bajo condiciones de invernadero y campo. Los materiales se sembraron el 5 de junio de 2024 en charolas de germinación de 72 cavidades de 4 cm de diámetro en un sustrato de peat moss. El trasplante a macetas (20 cm de diámetro, 20 cm de alto) se realizó el 20 de agosto de 2024 y se utilizó un sustrato con 2/3 de peat moss y 1/6 de perlita y 1/6 de vermiculita. Durante el período experimental, las plantas fueron regadas y fertilizadas (20-30-10) conforme a sus requerimientos fisiológicos.

Se evaluaron 19 variables en plántula y en planta en 2024 y en planta en 2025. Entre las variables se incluyen: altura de planta; la medición se realizó desde la base de la planta hasta la última lígula visible (AL-L) y en promedio hasta el ápice de la lámina foliar (AL-H), ancho (ANH) y largo(LAH) de la lámina foliar de la hoja localizada en la parte media del tallo, diámetro de la parte media del segundo entrenudo (DEN), número de hojas en el tallo principal (NHTP) y secundario (NHTS), número de tallos por planta (NT) a 15 cm de la superficie del suelo, peso verde y peso seco por maceta. Los datos en plántula (ptl) fueron obtenidos del promedio de una muestra 10 individuos por familia y en etapa de planta (año 2024 y 2025) del promedio de 7 individuos. El análisis estadístico que se realizó fue un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de visualizar las relaciones y patrones entre FMH, así como reducir la dimensionalidad, manteniendo sólo el numero apropiado de variables que aportaran la mayor cantidad de información. Para determinar el número de componentes principales retenidos se consideró aquellos que explicaran al menos el 80 % de la varianza total y que individualmente aportaran más del 5% de la varianza. La agrupación de FMH se realizó mediante el algoritmo *K-means*.

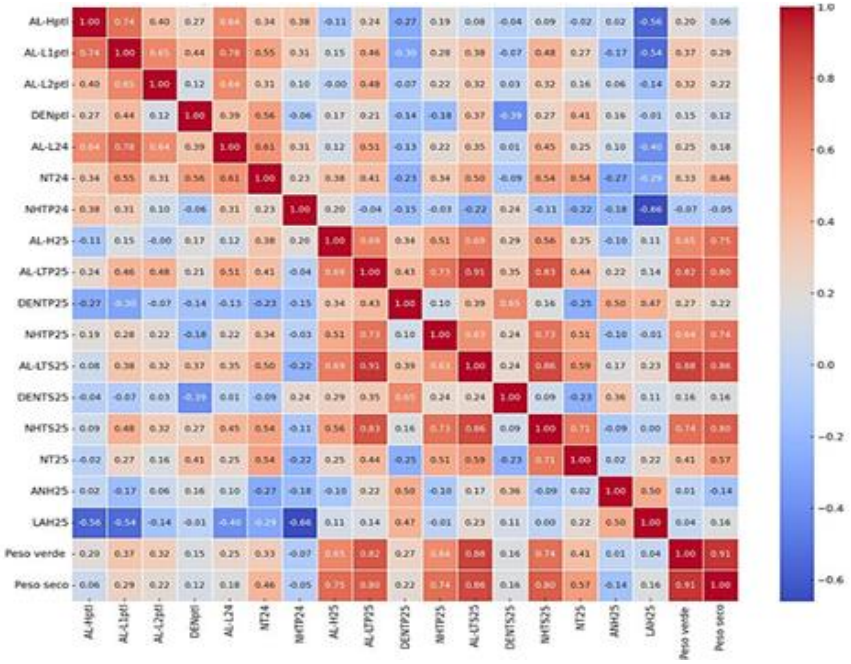
Resultados y discusión

El porcentaje de germinación de la semilla de las FMH fue excelente, a los 15 días se aclaró a una planta por cavidad. En la Figura1 se presenta una panorámica del establecimiento del experimento en invernadero y en campo.



Figura1. Panorámicas del establecimiento del experimento en invernadero y campo. Buenavista, Saltillo, Coah., 2024.

La matriz de correlación permite identificar relaciones lineales entre pares de variables, lo cual es útil para entender redundancias, multicolinealidad o potenciales variables predictoras. En la Figura 2 se presenta la matriz de correlaciones en un mapa de calor, entre más rojo mayor correlación positiva, entre más azul es mayor la correlación negativa. Adicionalmente se destacan las variables con mayor y menor correlación con peso seco. La alta correlación (r ≈ 0.91) con peso verde puede atribuirse a la uniformidad en el contenido hídrico entre las distintas familias evaluadas. Las otras variables con alta correlación están relacionadas con altura de planta y número de hojas por tallo en datos tomados en 2025. Entre las de menor asociación con peso seco está algunas características evaluadas en plántula, el ancho y el largo de lámina foliar.



Correlación más alta	
Variable	**Peso seco**
Peso verde	0.91
AL-LTS25	0.86
NHTS25	0.8
AL-LTP25	0.8
AL-H25	0.75

Correlación más baja	
Variable	**Peso seco**
ANH25	-0.14
NHTP24	-0.05
AL-Hptl	0.06
DENptl	0.12
LAH25	0.16

Figura 2. Mapa de calor de correlaciones entre variables y reCuadro de variables con mayor y menor correlación con peso seco.

Con el objetivo de reducir la dimensionalidad sin pérdida significativa de información y permitir una interpretación más eficiente de los datos se realizó un ACP que incluyó las 19 variables evaluadas. Como resultado del proceso de reducción de dimensionalidad, se seleccionaron 15 variables clave que contribuyeron significativamente a la varianza explicada, con las cuales se procedió a realizar un segundo ACP para definir la agrupación de las FMH. Para graficar la distribución de las familias se utilizaron los primeros tres componentes principales, que en conjunto explican el 86.3% de la varianza.

En la Figura 3 se combina la representación de las FMH en el espacio ACP con los vectores de carga de las variables clave. Estos vectores indican la dirección y magnitud de influencia de cada variable sobre los componentes principales. El gráfico permite observar cómo se distribuyen las familias y qué variables explican mejor esa distribución.
En el Cuadro 1 se presenta un resumen con los valores promedio de algunas variables dentro de los grupos identificados. Esto permite caracterizar cada grupo de familias FAM-MH con base en su perfil productivo y morfológico.

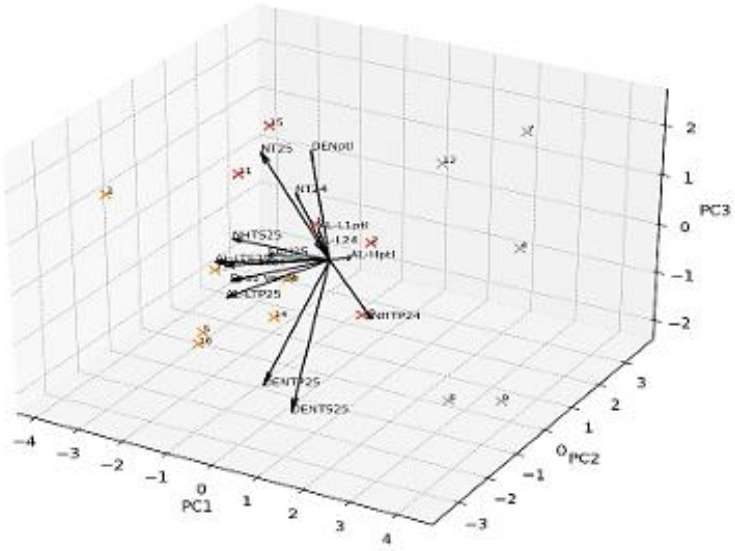


Figura 3. Gráfica tridimensional del ACP. Las X del mismo color representan un mismo grupo de FMH. Grupo I X, grupo II X, grupo III X.

Cuadro 1. Caracterización de los grupos con valores promedio de algunas variables.

Grupo*	DENTP 25 (mm)	NT25	LAH 25 (cm)	AL1ptl (cm)	AL-LTP 25 (cm)	PS (gr)	NHTS 25	NT24	DENptl (mm)	PV (gr)
I	2.9	37.5	30.6	10.4	62.34	33.4	6.12	6.16	1.72	77.1
II	3.2	38.1	35.8	8.83	64.85	35.6	6.28	5.23	1.65	82.5
III	3.0	30.9	33.5	8.19	51.5	25.4	5.18	4.74	1.62	60.9

*I FMH: 1,2,10,11,15. II FMH: 3,5,6,13,14,16. III FMH: 4,7,8,9,12.

Conclusiones

Mediante el análisis de componentes principal y el agrupamiento por *K-means*, se establecieron tres grupos con perfiles fenotípicos diferenciados. Entre los grupos definidos se encuentra el grupo II, conformado por FMH con genotipos de alto rendimiento en peso seco y elevada densidad de tallos, lo que sugiere un alto potencial para aplicaciones bioenergéticas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen el apoyo económico proporcionado por la UAAAN.

Referencias bibliográficas

Gunderson, C. A., E. Davis, H. Jager, T. West, R. Perlack, C. Brandt, S. Wullschlegber, L. Baskaran, E. Wilkenson y M. Downing. 2008. Exploring potential U.S. switchgrass production for lignocellulosic ethanol. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, TN 45 pp.

Lee, M.-S., Casler, M. D., & Lee, D. 2024. Registration of 'Independence' switchgrass. Journal of Plant Registrations, 18(3), 506–511.

United States Department of Agriculture (USDA): Agricultural Research Service (ARS). 2007. Bioenergy and Energy Alternatives. http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/apr07/grass0407.pdf

CARACTERIZACIÓN DE ATRIBUTOS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS DE DOS RAZAS DE MAÍZ NATIVO DE SAN LUIS POTOSÍ TOLERANTES A SALINIDAD

Marcos Loredo-García[1], Pablo Delgado-Sánchez[1*], Francisco Javier Morales-Flores[2], María de la Luz Guerrero-González[1]

[1]Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí km 14.5 Carretera San Luis Potosí, Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, CP. 78321 [2]Colegio de Posgraduados Campus Salinas, C. de Iturbide 73, San Agustín, CP. 78600 Salinas de Hidalgo, S.L.P.
*Autor para correspondencia: pablo.delgado@uaslp.mx

Palabras clave: Estrés abiótico, estrés salino, maíces nativos.

Introducción

La calidad de la semilla constituye un elemento esencial para el éxito en el establecimiento de los cultivos, ya que determina la capacidad de germinación, el vigor, la emergencia y el crecimiento uniforme de las plántulas. Estos efectos son decisivos para alcanzar un alto rendimiento agrícola. La calidad de la semilla no es una característica intrínseca única, sino que resulta de la interacción entre propiedades genéticas y las condiciones ambientales durante su desarrollo, cosecha y almacenamiento. En este contexto, los atributos físicos y fisiológicos de la semilla actúan como indicadores clave del desempeño agronómico en campo. Entre los factores abióticos que limitan la producción agrícola, la salinidad destaca por afectar aproximadamente el 20% de tierras cultivables y 50% de áreas bajo riego a nivel mundial. La salinidad genera estrés osmótico lo cual impide la absorción de agua y estrés iónico relacionados con la acumulación de iones tóxicos, los cuales comprometen procesos fisiológicos críticos como la imbibición de la semilla, indispensable para la germinación. El maíz (*Zea mays* L.) presenta una sensibilidad al estrés salino, aunque se han identificado variedades nativas con cierta tolerancia a salinidad, especialmente en regiones como San Luis Potosí, México. Analizar la fisiología de estas semillas nativas bajo condiciones de estrés salino permite identificar materiales con mayor adaptabilidad y capacidad de establecimiento, lo que representa una herramienta clave para programas de mejoramiento genético y producción sustentable.

Objetivo

Caracterizar atributos físicos y fisiológicos de dos accesiones maíz nativo del estado de San Luis Potosí bajo diferentes niveles de salinidad, para determinar la relación entre dichas características y su comportamiento germinativo.

Materiales y métodos

Se evaluaron dos accesiones de maíz con tolerancia a salinidad en investigaciones anteriores, la raza Olotillo (CIMMYT433) y raza Tuxpeño (CIMMYT658) colectadas en el estado de San Luis Potosí. El estudio se desarrolló en dos fases: 1) caracterización física: Se determinó el peso de mil semillas (P1000S), así como las dimensiones de largo (LS), ancho (AS) y espesor (ES) de cada semilla, siguiendo la metodología propuesta por Moreno (1984) y Casco y Dias (2008). y 2) evaluación fisiológica: se determinó el porcentaje de germinación (PG) hasta el día 15, conforme a los criterios de ISTA (2017). Se evaluó en condiciones *in vitro* con soluciones salinas de 0, 150, 200, 250 y 300mM de NaCl. Las semillas se colocaron en frascos de vidrio, se incubaron a una temperatura constante de 20±2°C y un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas obscuridad. Se consideró un diseño completamente al azar con 4 repeticiones y una n de 100 semillas de cada raza. Análisis estadístico: La variable de porcentaje de germinación fue transformada con la función arcoseno $\sqrt{x}/100$ para asegurar la normalidad. Se realizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA), seguido de una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey α= 0.05). Además, se aplicó un análisis de regresión múltiple para explorar la relación entre los atributos físicos y fisiológicos.

Resultados y discusión

En nuestros resultados encontramos diferencias significativas en los atributos físicos de semillas entre las razas, encontramos que la raza Tuxpeño presentó mayor peso, longitud y ancho de semilla en comparación con la raza Olotillo (Cuadro 1). Aunque el comportamiento germinativo se relaciona parcialmente con el tamaño de la semilla, estas diferencias también reflejan el carácter genético distintivo entre ambas accesiones.

Cuadro 1. Medias de atributos físicos y fisiológicos de razas de maíz en respuesta a los niveles de salinidad.

Raza	P1000S(g)	LS(cm)	AS(cm)	ES(cm)	PG(%)
Tuxpeño	21.48 a	10.13 a	7.87 a	4.46 b	74.01 a
Olotillo	20.67 b	8.94 b	7.77 b	4.74 a	55.26 b
C.V.	0.95	4.38	7.04	7.7	18.88

Letras iguales no difieren significativamente entre sí según prueba de Tukey (p≤ 0.05). P100S= Peso de mil semillas; LS=Longitud de semilla; AS= Ancho de semilla; ES= Espesor de semilla; PG=Porcentaje de germinación.

En nuestro análisis de interacción raza por salinidad, encontramos que la raza Tuxpeño mantuvo valores superiores de P1000S y LS en todos los niveles de salinidad. Por otro lado, la germinación disminuyó progresivamente con el aumento de la salinidad en ambas razas. No obstante, la raza Tuxpeño mantuvo tasas de germinación más elevadas incluso en concentraciones extremas (300 mM de NaCl) superando con un 45% a la raza Olotillo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de variables físicas y fisiológicas para cada nivel de salinidad por accesiones

Niveles	P1000S(g)		LS(cm)		AS(cm)		ES(cm)		PG(%)	
de NaCl	Ol	Tux	Ol	Tux	Ol	Tux	Ol	Tux	Ol	Tux
0	20.59^{b}	21.39^{a}	8.92^{c}	10.08^{ab}	7.80^{a}	8^{a}	4.52^{a}	4.33^{a}	98^{a}	99^{a}
150mM	20.80^{b}	21.58^{a}	9.15^{bc}	10.18^{a}	7.69^{a}	7.85^{a}	4.77^{a}	4.71^{a}	78^{ab}	91^{a}
200mM	20.68^{b}	21.58^{a}	8.77^{c}	10.49^{a}	7.52^{a}	7.82^{a}	4.61^{a}	4.24^{a}	68^{abc}	87^{ab}
250mM	20.62^{b}	21.30^{a}	8.91^{c}	9.96^{ab}	8.21^{a}	7.80^{a}	4.79^{a}	4.58^{a}	17^{de}	11^{cd}
300mM	20.67^{b}	21.56^{a}	8.95^{c}	9.98^{ab}	7.62^{a}	7.87^{a}	5.02^{a}	4.45^{a}	12^{e}	57.33^{bc}
CV (%)	0.97		4.38		7.25		7.89		16.12	

Letras iguales no difieren significativamente entre sí según prueba de Tukey (p≤ 0.05). P100S= Peso de mil semillas; LS=Longitud de semilla; AS= Ancho de semilla; ES= Espesor de semilla; PG=Porcentaje de germinación; Ol= Olotillo; Tux= Tuxpeño.

Los resultados sugieren que ambas accesiones presentan una tolerancia moderada a la salinidad hasta 200mM de NaCl, manteniendo una germinación superior al 60%. En concentraciones de 250mM o mayores, la germinación se ve afectada significativamente, con excepción de la raza Tuxpeño, que conserva una germinación del 57% a 300mM de NaCl. El modelo de regresión múltiple para predecir el porcentaje de germinación a partir de los atributos físicos de la semilla, nosotros encontramos un valor de $r^2 = 0.0574$, $p = 0.1979$, lo que indica que las variables físicas (P1000S, LS, AS, ES) no contribuyen significativamente a la predicción del comportamiento germinativo en condiciones de salinidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estimaciones de parámetros de regresión múltiple.

Fuente de Variable	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
Modelo	4	8598.8	2149.7	1.59	0.198
Intercepto	1	-522	430.8	-1.21	0.234
P1000S	1	18.6	19.5	0.95	0.346
LS	1	-11.2	14.1	-0.79	0.433
AS	1	48.3	34.3	1.41	0.168
ES	1	-16.8	17.6	-0.95	0.348
Error corregido	35	47225	1349.3		
Error total	39	55824			

Conclusiones

La salinidad afecta significativamente la germinación de semillas del maíz, independiente de las características físicas de la semilla. La raza Tuxpeño demostró una mayor tolerancia al estrés salino,

conservando porcentajes de germinación superiores a la raza Olotillo en todas las concentraciones de NaCl, incluso bajo concentraciones elevadas (300mM). Estos hallazgos robustecen el potencial de las semillas de maíz de la raza Tuxpeño como recurso genético valioso para programas de mejoramiento enfocados a ambientes salinos. Para futuras investigaciones se recomienda profundizar en la caracterización fisiológica y molecular de esta raza, explorando posibles mecanismos de adaptación que involucren la producción de metabolitos secundarios y la activación de rutas metabólicas asociadas a la tolerancia a salinidad.

Agradecimientos y fuente financiadora
Al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por facilitar las instalaciones para llevar a cabo el experimento. Los resultados son parte de la beca N°1143615 por SECIHTI.

Referencias bibliográficas

Moreno, E. (1984). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM.
Casco, H., and Dias, L. S. (2008). Estimating seed mass and volume from linear dimensions of seeds. Seed Sci. Technol. 36, 230–236. doi: 10.15258/sst.2008.36.1.28
ISTA, International Seed Testing Association (2017) International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. 243 p
SAS Institute Inc. 2025. SAS-Statistical Analysis Software for Versión Online.

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LÍNEAS RECOMBINANTES DE GARBANZO (*Cicer arietinum*) EN LA ZONA CENTRO DE SINALOA

Milagros Ramírez Soto[1*], Jaime Neftalí Márquez Godoy[1], Carlos Iván Cota Barreras[1], Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez[1], Jesús Asunción López Guzmán[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán, C. P: 80398 Culiacán, Sinaloa, México.
*Autor para correspondencia: ramirez.milagros@inifap.gob.mx

Palabras clave: Germoplasma, garbanzo, líneas recombinantes.

Introducción

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es el cultivo de legumbres más importante a nivel mundial después del frijol. El cambio climático y el aumento de la demanda de cultivo están obligando a establecerlo en entornos con temperaturas relativamente más altas y periodos más secos. El cambio climático es uno de los problemas más serios que enfrenta la humanidad en el siglo XXI y constituye problemas de grandes dimensiones y complejidad que debe ser abordado desde diferentes perspectivas. La modificación del clima se expresa a través del incremento en cantidad e intensidad de fenómenos como sequías, lluvias y huracanes. Estas modificaciones climáticas tienen consecuencias importantes para el sector agrícola, un mercado altamente vulnerable a las variaciones y cambios del clima

A nivel internacional, durante varios años, se han elaborado análisis de los impactos climáticos, muchos de los cuales se han enfocado en identificar los cambios en el rendimiento de los cultivos causados por alteraciones en las condiciones climáticas. Asimismo, estudios recientes indican que factores climáticos como la temperatura, la precipitación y, especialmente, los choques de variabilidad climática influyen en la productividad de los cultivos, la producción ganadera y otros componentes del sistema agrícolas, del mismo modo, se evidenció que los rendimientos de muchos cultivos podrían disminuir significativamente debido a temperaturas más altas, como consecuencia del estrés térmico e hídrico, del acortamiento de la estación de crecimiento y de la mayor presencia de plagas y enfermedades.

El desarrollo de nuevas variedades de garbanzo mejor adaptadas al cambio climático y el desarrollo de trabajos de investigación sobre épocas de siembra, que incluyan los análisis de variables agronómicas a través de ciclos de cultivo, podría de ayudar a los agricultores a adaptarse a los impactos de la variabilidad y cambio climático. Al proporcionar información local junto con los servicios de extensión, los agricultores estarán mejor preparados para afrontar estos fenómenos. El objetivo de este trabajo fue evaluar en dos líneas endogámicas recombinantes (RIL) F8-9 al efecto de la variabilidad genética e identificar las líneas más adaptadas al cambio climático durante tres ciclos de cultivo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Valle de Culiacán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) localizado a 24° 37’ 57’’ latitud norte, 107° 26’ 33’’ longitud oeste, a 23.25 msnm. Presenta un clima cálido semiseco, con precipitación y temperatura media anual de 500 a 700 mm y 22 °C, respectivamente. La textura del suelo es Franco arcillo arenoso, con 0.9% de materia orgánica, pH de 7.5 a 8.4. Se estableció un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones en cada uno de los ciclos agrícolas otoño-invierno 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024. Se evaluaron dos líneas de garbanzo tipo *Kabuli*: CUGA 08-3168 y CUGA 09-2002 y la variedad Blanco Sinaloa 92 como testigo comercial. Cada unidad experimental consistió en cuatro surcos distanciados a 0.8 m por 5 m de longitud (24 m^2), la densidad de siembra fue el equivalente a 10 semillas por metro de surco. El control de maleza se realizó con oxifluorfen a dosis de 240 g de ia. ha^{-1} en pre siembra. La semilla se trató con carboxim + tiram a dosis de 80 g por cada 100 kg de semillas. En los dos primeros ciclos no se aplicó ningún riego estableciendo el cultivo con el temporal de lluvias en verano, y el tercer ciclo se realizó un riego de presiembra a una lámina de 25 cm. En todos los ciclos se fertilizó con la dosis 57-52-00, (equivalente a 300 kg de UREA + 100 kg MAP ha).

Para determinar el rendimiento de grano se cosecharon de forma manual tres metros de longitud de dos surcos internos de cada unidad experimental (4.8 m^2). Se determinaron el rendimiento de grano (R) en t ha^{-1}, el tamaño de grano (Cal) se determinó como el número de granos en 30 g (Valenzuela-Herrera *et al*., 2016) y el índice de cosecha (IC) en porcentaje (%) se obtuvo pesando 100 g de grano de cada muestra

pasada por un tamiz de 9 mm de diámetro (Ortega-Murrieta *et al*., 2016). Para el análisis de las variables se utilizó el procedimiento modelo general lineal (procedure GLM) en el software SAS (2014), los factores principales y las interacciones significativas se analizaron por medio de prueba de Tukey a un nivel de significancia de ($p< 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis de varianza para variables productivas de dos líneas de garbanzo tipo *Kabuli* (Cuadro 1), combinado de los tres ciclos de evaluación, mostró diferencias altamente significativas ($p\leq 0.01$) entre los ciclos agrícolas (CA), en cuanto al rendimiento lo que significa que bajo las condiciones en las que se llevó a cabo este experimento, éstos fueron afectados por las condiciones ambientes prevalecientes durante las épocas de lo cual comprobó el objetivo de analizar el efecto del CA sobre la producción y calidad del grano.

Cuadro 1. Análisis de varianza para variables productivas de garbanzo tipo Kabuli establecido durante tres ciclos agrícolas 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024 en Culiacán, Sinaloa.

Fuente de variación	Cuadrado medio	F-Valor	Significancia ‡
Rendimiento en t ha^{-1} de grano			
Línea	164884.69	1.12	*
Ciclo agrícola	1671584.69	11.4	**
Línea*Ciclo agrícola	705548.94	4.81	**
Coeficiente de variación = 14.18			
Calibre (tamaño de grano)			
Línea	41.58	7.46	**
Ciclo agrícola	145.33	26.07	**
Línea*Ciclo agrícola	91.16	1.64	*
Coeficiente de variación = 5.46			
Índice de cosecha (%)			
Línea	20.19	2.52	**
Ciclo agrícola	190.52	23.79	**
Línea*Ciclo agrícola	11.98	1.5	*
Coeficiente de variación = 3.04			

*= (p>0.05) (significante); **= (p< 0.05) (altamente significante); ‡= prueba de Tukey.

Cuadro 2. Comparación de medias de variables productivas de dos líneas de garbanzo entre ciclos de siembra establecidas en Culiacán, Sinaloa.

Variable	Ciclos agrícolas			DET	Significancia ‡
	2021-22	2022-23	2023-24		
R	3.03	2.29	2.75	387.6	*
IC	93.33	88.58	96.5	2.86	**
C	40.83	47.16	41.5	2.38	**

*= (p>0.05) (significante); **= (p< 0.05) (altamente significante); DET= diferencia entre tratamientos; R= rendimiento en t ha-1 de grano; IC= índice de cosecha en (%); C= calibre (tamaño de grano); ‡= prueba de Tukey.

Cuadro 3. Comparación de medias de variables productivas de tres ciclos agrícolas entre dos líneas de garbanzo establecidas en Culiacán, Sinaloa.

Variable	Línea			DET	Significancia ‡
	BS 92	CUGA 08 3168	CUGA 09 2002		
R	2.81	2.69	2.58	387.6	*
IC	92.53	94.16	91.58	2.86	*
C	42.58	41.66	45.25	2.38	*

*= p< 0.05; DET= diferencia entre tratamientos; R= rendimiento en t ha^{-1} de grano; IC= índice de cosecha en (%); C= calibre (tamaño de grano); BS 92 (Blanco Sinaloa 92); ‡= prueba de Tukey.

Durante el primer CA de evaluación 2021/22 se caracterizó una buena recarga del perfil de suelo con las lluvias de julio a octubre, pero también por temperaturas superiores a las normales durante el periodo reproductivo del garbanzo. En cambio, en 2022/23 y 2023/24 si bien la recarga otoñal de humedad no fue completa, además, se presentaron temperaturas mayores a las habituales durante el periodo vegetativo e inicios del reproductivo lo que pudo haber acelerado el desarrollo del garbanzo, acortando la duración de algunas etapas, lo que pudo afectar la producción.

El tamaño de grano y el índice de cosecha resultaron altamente significativo para las líneas de garbanzo tipo blanco y para el ciclo agrícola permitiendo observar diferencias estadísticas ($p\leq 0.01$). La comparación de medias mediante la prueba de Tukey $p\leq 0.05$ (Cuadro 2) nos indica que el ciclo agrícola 2021-2022 obtuvo el rendimiento promedio más alto, estadísticamente diferente a los otros ciclos, con 3.03 t ha^{-1}, mientras que los CA del 2022-2023 y 2023-2024 fueron estadísticamente iguales; el CA 2022-2023 mostró las condiciones menos favorables para la producción de garbanzo (2.29 t ha^{-1}); éste resultado nos indica que las condiciones ambientales son desfavorables para la producción debido a la menor cantidad de horas frío que recibieron las líneas coincidiendo con Ireta *et al*. (2007). El índice de cosecha y el tamaño de grano fueron mejor en CA 2023-2024 resultando altamente significativas ($p\leq 0.01$), con valores de 96.5 y 41.5 respectivamente.

En la comparación de líneas (L) fueron el factor que tuvo el menor número de diferencias en las variables de productividad y calidad física evaluadas, lo que nos señala que estas equivalencias estadísticas entre ellas se deben a su constitución genética. Sin embargo, y a pesar de que en producción están por debajo del testigo comercial [variedad Blanco Sinaloa 92 (BS 92)] se observa que, de las dos líneas evaluadas, la línea CUGA 08-3168 fue más productiva con un rendimiento de grano promedio de 2.69 t ha^{-1} y con mayor tamaño de grano 41.66 granos en 30 g de peso (Ortega *et al*., 2016) y un porcentaje de exportación de 94.16% (Cuadro 3).

Conclusiones

Los ciclos agrícolas y líneas tuvieron influencia en la productividad y en la calidad física del grano. La calidad (calibre y el índice de cosecha) están condicionada por la constitución genética de los genotipos. La mayor producción de grano fue obtenida en el ciclo agrícola 2021-2022, con 3038 kg ha^{-1} y la variedad Blanco Sinaloa 92.

Fuente financiadora

Recursos propios.

Referencias bibliográficas

Ireta-Moreno. J., Medina, O. S. y Flores-López. H. E. 2007. Efecto de la fecha de siembra sobre las variedades de trigo en la Ciénega de Chapala. In: Memoria de la Segunda Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal -INIFAP. Guadalajara, Jalisco, México. 155 p.

Ortega-Murrieta, P. F., Fierros-Leyva, G. A., Padilla Valenzuela, I., Valenzuela Herrera, V., Acosta-Gallegos, J. A., Gutiérres Perez, E., ... & Rodríguez Cota, F. G. (2016). Blanoro, nueva variedad de garbanzo blanco de grano extra grande para exportación. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(1), 209-216.

Valenzuela-Herrera V., Manjarrez-Sandoval P., Morales-Gómez A. *et al* (2016). “Jumbo 2010”, cultivar of chickpea “kabuli” type of extra large size from Sinaloa, Mexico. Glo Adv Res J Agric Sci 5(7):277–282. https://garj.org/articles/4143911723072016

DIVERSIDAD DE LAS ACCESIONES DE *Laelia anceps* Lindl DEL S.E. TEOCELO Y SUS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Edgar Couttolenc-Brenis[1*], Marco Antonio Toral-Juárez[1], Rosalío López Morgado[1]

[1]INIFAP-CIRGOC-C.E. Cotaxtla/S.E. Teocelo. Km. 3.5 carretera Xalapa-Veracruz, Col. Animas. Xalapa, Veracruz C.P. 91190.
*Autor para correspondencia: couttolenc.edgar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Accesiones, caracteres vegetativos, clústers.

Introducción

Laelia anceps es una orquídea perteneciente a la tribu Epidendreae que mide de 25 a 50 cm de altura sin considerar la inflorescencia Los tallos (pseudobulbos) miden entre 6 y 10 cm de largo, entre 1.8 y 3.4 cm de ancho y, 1.2 y 2.1 cm de grosor. Las hojas son de color verde miden entre 12.5 y 23.3 cm de largo y 2.3 a 5.4 cm de ancho. La inflorescencia está formada por racimos de dos a tres flores grandes, cada una de 7.3 a 12 cm de largo y 5.5 a 8 cm de ancho con coloraciones de rosa a purpura (Halbinger y Soto 1997). Esta característica de sus flores las hace atractivas como plantas ornamentales, de hecho esta especie es la orquídea mexicana de la cual se han obtenido un mayor número de híbridos (Damon 2017). En México podemos encontrar esta especies en zonas productoras de café, por lo que, se podría aprovechar las condiciones de los cafetales para la propagación de híbridos de la especie y así diversificar el ingreso de los hogares cafetaleros (Tejeda-Sartorius 2017). Teniendo en mente esto, el objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad de las accesiones de *L. anceps* en la colección de orquídeas del S.E. Teocelo mediate caracteres morfológicos vegetativos.

Materiales y métodos

Las plantas de *L. anceps*, se encuentran en las instalaciones del S.E. Teocelo. Las mediciones en las 10 accesiones de *L. anceps* resguardadas en la colección de Orquídeas del S. E. Teocelo. De cada accesión se seleccionaron cinco hojas y cinco tallos y se midieron los siguientes caracteres cuantitativos: longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH), grosor de la hoja (GH), diámetro de tallo (DT), longitud de tallo (LT) y longitud de raíz (LR). Para medir la longitud de longitud de hoja, ancho de hoja, diámetro de tallo, longitud de tallo, longitud de raíz y longitud de los elementos de la flor se utilizó un vernier digital marca Exrebon. El grosor de se midió con un micrómetro digital marca DENPETEC.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de componentes principales para determinar que variables son las que explican las diferencias entre accesiones y uno de conglomerados con la finalidad de agrupar en fenotipos las accesiones de *L. anceps*, con las que cuenta la colección. Este análisis se realizó con Rstudio©. Como método de aglomeración se usó el encadenamiento promedio (UPGMA) y como índice de disimilitud se utilizó la distancia taxonómica media (Escobedo-López y Núñez-Colín, 2011). El número de conglomerados se definió haciendo un corte al 50 % de la distancia taxonómica.

Resultados y discusión

El análisis que los primeros dos componentes principales explican el 92.6 % de las diferencias entre las diez accesiones, el primer componente esta formado por las variables LH, Ah, GH, LY y DT; mientras el segundo componente principal lo integra LR (Figura 1). Con base a estas dos variables compuestas, se determinó que las 10 accesiones de *L. anceps* se agrupan en tres clústeres mediante el análisis de conglomerados (Figura 2). La característica que tiene mayor peso en la formación de los conglomerados es la longitud de la hoja, los valores para esta variable en el clúster 1 van de 20 a 25 cm; en el clúster 2 de 8 a 11 cm y en clúster 3 de 18 a 19 cm (Cuadro 1). Las accesiones del clúster 1 y del clúster 3 en el LH y el AH muestran características de pertenecer a la subespecie *dawsoni* mientras que las accesiones del clúster 2 son cercanas a la subespecies *ancenps* (Halbinger y Soto 1997). Sin embargo, es necesario complementar este trabajo con las descripciones florales para corroborar la presencia de estas dos subespecies en la colección de orquídeas del S.E. Teocelo.

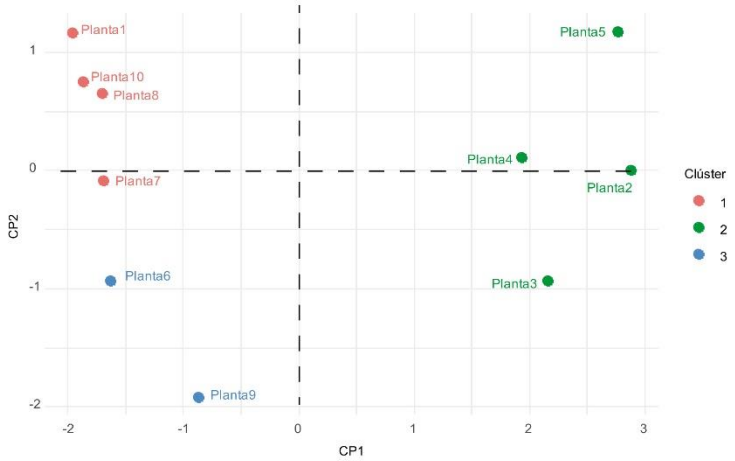


Figura 1. Agrupamiento de las accesiones de *L. anceps* con base al análisis de componentes principales

Cuadro 1. Valores promedio de las variables morfológicas utilizadas para el análisis de componentes principales y conglomerados.

Accesión	LH (cm)	AH (cm)	GH (mm)	LT (cm)	DT (cm)	LR (cm)	Clúster
Planta 8	24.9	4.6	0.042	7.4	2.0	6.3	1
Planta 1	20.1	4.6	0.044	9.2	2.1	5.3	1
Planta 10	20.8	4.6	0.042	8.5	2.2	6.2	1
Planta 7	21.3	5.2	0.036	7.5	2.3	8.2	1
Planta 4	10.96	2.3	0.03	4.88	1.3	6.7	2
Planta 5	8.34	1.6	0.022	6.1	1.1	4.2	2
Planta 2	8.4	1.7	0.028	4.26	1.1	6.84	2
Planta 3	8.1	2.3	0.024	5.32	1.4	9.74	2
Planta 9	18	3.7	0.038	7.6	1.9	13.5	3
Planta 6	18.9	4.6	0.046	6.9	2.2	10.3	3

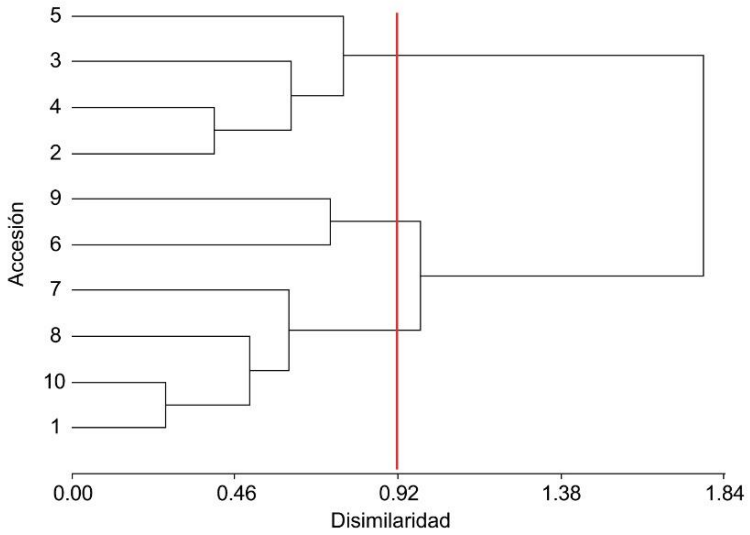


Figura 2. Agrupamiento de las accesiones calculado mediante distancia taxonómica media.

Conclusiones

Lo caracteres vegetativos utilizados mostraron capacidad para agrupar a los individuos evaluados. Por lo que se pueden usar como una herramienta en la identificación de nuevos fenotipos de interés.
Aunque no existe descriptores Laelia anceps, los caracteres morfológicos seleccionados para evaluar las accesiones de la colección se pueden utilizar para catalogarlas
Los resultados muestran la posibilidad de que estén presentes dos de las tres subespecies de L. anceps.

Agradecimientos
Este trabajo fue realizado con los recursos del proyecto “Conservación de recursos genéticos de orquídeas”, financiado con fondos fiscales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Referencias bibliográficas

Damon, A. 2017. Estrategia para el rescate, conservación y aprovechamiento sustentable de las orquídeas (orchidaceae) en el sureste de méxico (en línea). Agro Productividad 10(6). Consultado 20 jun. 2025. Disponible en https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1035.

Escobedo-López, D; Núñez-Colín, CA. 2011. Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal (en línea). Agronomía Mesoamericana 22(2):415-427. Consultado 30 jul. 2022. Disponible en https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43722407018.

Halbinger, F; Soto, M. 1997. Laelias of Mexico (en línea). Orquídea (México, D.F.) 15:1-160. Consultado 20 jun. 2025. Disponible en https://biblat.unam.mx/es/revista/orquidea-mexico-d-f/articulo/laelias-of-mexico.

Tejeda-Sartorius, O. 2017. Características Ornamentales De Orquídeas Silvestres Y Su Propagación Con Fines Comerciales. Alternativa De Aprovechamiento Sustentable Ex Situ (en línea). Agro Productividad 10(6). Consultado 21 jun. 2025. Disponible en https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1037.

RENDIMIENTO POTENCIAL DE MAÍCES HÍBRIDOS AMARILLOS EXPERIMENTALES EN SOLEDAD DE GRACIANO SÁNCHEZ

Yesenia Itzel González-Hinojosa[1], Marco Antonio Rivas-Jacobo[1], Fernando Lucio-Ruiz[2]*, Alejandro García-Ramírez[3], Mauricio Velázquez-Martínez[2]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP, San Luis Potosí; [2]Campo Experimental San Luis, INIFAP, San Luis Potosí; [3]Campo Experimental Uruapan, INIFAP, Michoacán.
*Autor para correspondencia: lucio.fernando@gmail.com

Palabras claves: Híbridos, *Zea mays*, grano.

Introducción

México es el centro de origen y diversidad del maíz, con 59 razas reconocidas y más de 1,000 genotipos criollos distribuidos en el país (CONABIO, 2011). Este germoplasma es conservado en bancos gestionados por el INIFAP, universidades estatales y el CIMMYT (Rivas *et al*., 2020).

Dentro de esta diversidad, los maíces amarillos destacan por su alto potencial productivo, contenido de carotenoides y valor en la industria alimentaria y forrajera (Serna-Saldívar *et al*., 2013). Aunque estos maíces han sido mejorados empíricamente y en programas formales, muchos híbridos disponibles no están adaptados a zonas de temporal con baja precipitación, como el altiplano potosino, lo que limita su rendimiento y eleva los costos de producción (Portugal, 2022).

Por lo tanto, se requiere evaluar genotipos adaptados a estas condiciones y con potencial productivo que fortalezcan la seguridad alimentaria y forrajera local. Por lo que el objetivo de este experimento fue evaluar el potencial de rendimiento de grano de diversos híbridos de maíz amarillo bajo condiciones agroclimáticas de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en el Campo Experimental San Luis del INIFAP, ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., a 1,850 msnm. En un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental fue de un surco de 5 metros de longitud y 0.80 m entre surcos. Se utilizarán 15 híbridos de maíz amarillo (12 experimentales del INIFAP, 1 híbrido liberado INIFAP y 2 comerciales como testigos).

La siembra se realizó de manera manual a una densidad de 65 000 plantas por hectárea**,** utilizando un sistema de riego por cintilla, con goteros colocados cada 20 cm. La fertilización se llevó a cabo con la fórmula 200-100-0-2 (N-P-K-B), aplicando el 40% del total en los primeros 60 días después de la siembra y el 60% restante en los siguientes 60 días, mediante el sistema de fertirriego. El control de malezas se realizó mediante aspersión de herbicidas, complementado con un deshierbe manual durante el desarrollo del cultivo.

La variable evaluada fue el rendimiento de grano de grano por hectárea, para lo cual en la madurez fisiológica de cada surco se realizó la cosecha del total de las mazorcas, se obtuvo el peso promedio de grano por planta y con la densidad de siembra se calculó el rendimiento de gano por hectárea.

La variable de respuesta se analizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completos al azar y prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) usando el software SAS 9.4.

Resultados y discusión

En el presente estudio se encontraron diferencias significativas en el rendimiento ($p<0.05$). El híbrido 16X3A destacó estadísticamente con un rendimiento promedio de 14.5 t ha^{-1}, lo que lo posiciona como el genotipo más productivo del ensayo. Le siguió el híbrido 23X1A con 13.7 t ha^{-1}, sin diferencia significativa con el híbrido 16X3A, pero superando a la mayoría de los demás. Los rendimientos sobresalientes de los híbridos se deben en diferente medida al diámetro y longitud de la mazorca, lo que conlleva a incrementar el número de granos por mazorca y por lo tanto el rendimiento (Chura y Tejada, 2014).

En contraste, el híbrido H443A presentó el menor rendimiento con 6.5 t ha^{-1}, lo que evidencia su baja adaptabilidad o desempeño en las condiciones del presente experimento. A este híbrido se asemejan los híbridos 26X1A y 17X3A, con rendimientos de 8.6 y 8.69 t ha^{-1} respectivamente. El resto de los híbridos, incluidos los comerciales P-6036 y NK307, mostraron un rendimiento intermedio sin diferencias estadísticas claras con los extremos superior o inferior. Estos resultados sugieren que el híbrido 16X3A posee un mayor

potencial productivo en las condiciones de este estudio, mientras que el H443A mostró un desempeño limitado, siendo necesario evaluar su comportamiento en otras localidades antes de seguirlo recomendando y en su defecto sustituirlo por nuevos híbridos como el 16X3A.

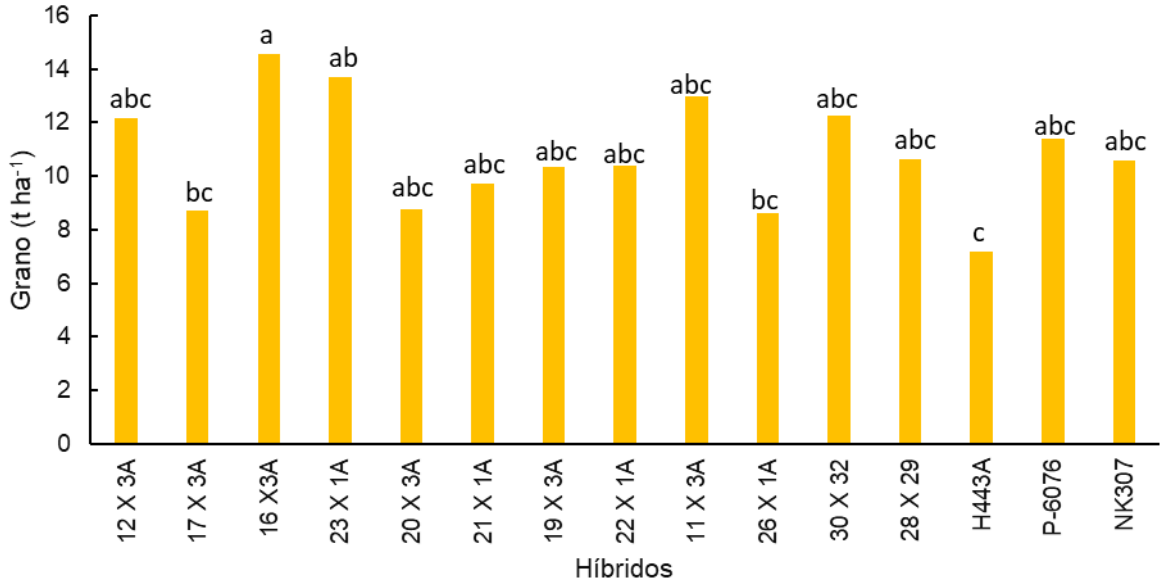


Figura 1. Rendimiento potencial de grano (t ha^{-1}) de maíces híbridos experimentales del INIFAP y comerciales en Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México.

Conclusiones

El híbrido 16X3A se posicionó como el de mayor potencial productivo con 14.5 t ha^{-1}, por lo que, en términos generales, los híbridos experimentales propuestos por el INIFAP mostraron rendimientos competitivos o superiores respecto a los híbridos comerciales (P-6036 y NK307), lo que resalta el avance en el mejoramiento genético orientado a condiciones específicas del país. Estos resultados evidencian la importancia de continuar con la validación regional de estos nuevos materiales, así como de promover su adopción entre productores como una alternativa viable para incrementar la productividad en los sistemas de agricultura.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), al Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo, al Dr. Fernando Lucio Ruiz por su asesoría y apoyo durante la elaboración de este proyecto. Asimismo, agradezco profundamente a **mi familia**, por su constante apoyo, comprensión y motivación a lo largo de este proceso.

Fuente financiadora

Este proyecto cuenta con el apoyo logístico, financiamiento y técnico del INIFAP, Campo Experimental San Luis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Chura C., J. y J. Tejada S. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *IDESIA* 32(1):113-118.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2011). *Proyecto Global de Maíces Nativos*. Recuperado de https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/proyectoMaicesBiodiversidad Mexicana.

Rivas, J. M. A., Mendoza, P. S. I., Sangerman-Jarquin, D. Ma., Sánchez, H.M. A., Herrera, C. C. A., Rojas, G. A. R. (2020). Evaluación forrajera de maíces de diversos orígenes de México en la región semiárida. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 24(1):93-104.

Serna-Saldívar, S. O., Gutiérrez-Uribe, J.A., Mora-Rochin, S. y García-Lara, S. (2013). Potencial nutraceútico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(3-A):295-304.

Portugal, R. J. I. (2022). Costo de Producción de Semillas de Maíz. Tesis de Prácticas Profesionales. Instituto tecnológico de boca de rio- TecNM, Veracruz. Recuperado de http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/9479/1/02-proyecto%20de%20costo%20de%20producci%c3%b3n%20de%20semilla%20de%20ma%c3%adz.pdf

LÍNEA DE CAFÉ *Coffea arabica* L. INIFAP-9000-9036: GENOTIPO CON POTENCIAL PARA LIBERARSE COMO VARIEDAD CONFORME A RESULTADOS PRELIMINARES

Rosalío López Morgado[1], Edgar Couttolenc-Brenis[1]*, Marco Antonio Toral-Juárez[1],

[1]INIFAP-CIRGOC-C.E. Cotaxtla/S.E. Teocelo. Km. 3.5 carretera Xalapa-Veracruz, Col. Animas. Xalapa, Veracruz C.P. 91190.
*Autor para correspondencia: couttolenc.edgar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Catimores, híbrido de timor, diversidad genética, roya del cafeto, rendimiento.

Introducción

Las variedades de café resistentes a la roya *Hemileia vastatrix* provienen de los "grupos genéticos" conocidos como Catimores y Sarchimores, los cuales se obtuvieron mediante cruzamientos entre el Híbrido de Timor y variedades arábicas, Caturra para los primeros y Villa Sarchí para los segundos, lográndose genotipos que contienen genes de resistencia provenientes de *Coffea canephora*. Estas variedades arábicas con genes de resistencia incorporados, ayudan a mitigar los problemas de productividad causados por la presencia y gravedad de la roya del cafeto (Zamarripa *et al*., 2017). Enfermedad que se reconoció en México como un problema fitosanitario, de relevancia económica, a partir del ciclo de cosecha 2012-2013, debido a los severos daños que ha estado ocasionando en los ciclos posteriores hasta la fecha. La roya anaranjada del cafeto es provocada por el hongo *H. vastatrix*, un parásito obligado que sólo puede desarrollarse en el tejido foliar vivo del cafeto. Ésta es considerada como la enfermedad más devastadora del cultivo de café. Su detección inicial se realizó en África Oriental en 1861. En 1970 llegó a Brasil y, desde allí, se extendió por toda Sudamérica, Mesoamérica y El Caribe (Avelino y Rivas, 2013). En México, su presencia se registró por primera vez el 11 de julio de 1981.

Conforme al Plan de Innovación de la Cafeticultura en México, en la década pasada, la variedad Typica continuaba siendo la más común en los cafetales del país, con una presencia del 42 %, seguida por las variedades Bourbon (22 %) y Caturra rojo (16 %). En un tercer nivel de representatividad se ubican Mundo Novo (8 %) y Garnica (7 %). El 5 % restante corresponde a diversos genotipos, entre los que destacan Oro Azteca, Costa Rica-95 y Colombia brote café o brote verde (SAGARPA, 2011). Esta distribución refleja que la mayor parte del cultivo de café en México se basa en variedades vulnerables a la roya del cafeto. Sin embargo, apreciaciones realizadas por las Escuelas Campesinas (ECA´s), impulsadas por el programa Producción para el Bienestar, refieren que el parque cafetalero del país, actualmente, está compuesto por materiales genéticos con resistencia a roya en más de un 50 %. Observándose la "quiebra" de resistencia en materiales genéticos como las variedades Costa rica-95, Oro Azteca, Marsellesa entre otras.

En el cultivo de café, tanto las limitantes bióticas como las abióticas definen las áreas adecuadas para su establecimiento, así como la viabilidad de sus costos de producción, al requerirse manejo agronómico eficiente a fin de prevenir y reducir impactos. Por ello, el desarrollo de variedades con resistencia genética a uno o varios de estos factores adversos es el objetivo central de todo programa de mejoramiento genético (Cortina *et al*., 2013). La especie *Coffea arabica*, presenta su mayor diversidad genética en la región africana que abarca Etiopía, Sudán del Sur y Kenia. En contraste, las variedades cultivadas en América muestran menor variabilidad genética, lo cual se debe, por un lado, a que su procedencia se limita principalmente a los subtipos Typica y Bourbon (Zamarripa *et al*., 2017), y por otro, a su sistema reproductivo, caracterizado por una alta tasa de autopolinización superior al 90 % y debido a este proceso continuo de autofecundación, las plantas tienden a volverse genéticamente más uniformes, dando origen a las llamadas líneas puras, las cuales se distinguen por su alto nivel de homocigosis (Cortina *et al*., 2013).

El presente trabajo se basa en un experimento de campo enfocado en analizar el rendimiento de café cereza en la línea avanzada INIFAP-9000-9036, un catimor que presenta resistencia a roya del cafeto entre otros atributos. Los estudios sobre esta línea de café representan parte de los objetivos del Programa Nacional de Investigación en Café, en lo relacionado con el logro de variedades resilientes, de calidad alta en taza y óptima eficacia en productividad entre otros caracteres de interés.

Materiales y métodos

La evaluación de los tres cultivares se realizó en las instalaciones del Sitio Experimental Teocelo (SETeo) del INIFAP, que se localiza en la zona centro del estado de Veracruz. Su dirección es Km 4.3, Carretera estatal Teocelo-Xico, cerca de la comunidad de El Zapote, municipio de Teocelo, Ver (Figura 1). La altitud

es de 1,250 msnm., precipitación anual de 2,063 milímetros, temperatura promedio de 20ºC, con máxima media de 25°C y mínima media de 14°C. El suelo dominante es Andosol. Los cultivares utilizados en el presente ensayo fueron Oro Azteca, Catimor 9036 y Colombia Brote Bronceado. De cada cultivar se establecieron 64 plantas utilizando como especie de sombreado *Grevillea robusta*. Las plantas se establecieron el 2022 y el manejo agronómico ha sido el mismo para los tres cultivares, obteniendo la primera cosecha en el ciclo 2024-2025. Se realizaron un total de cuatro cortes, y la variable rendimiento se obtuvo con la suma de los cuatro cortes. Con el software estadístico Infostat® se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey.

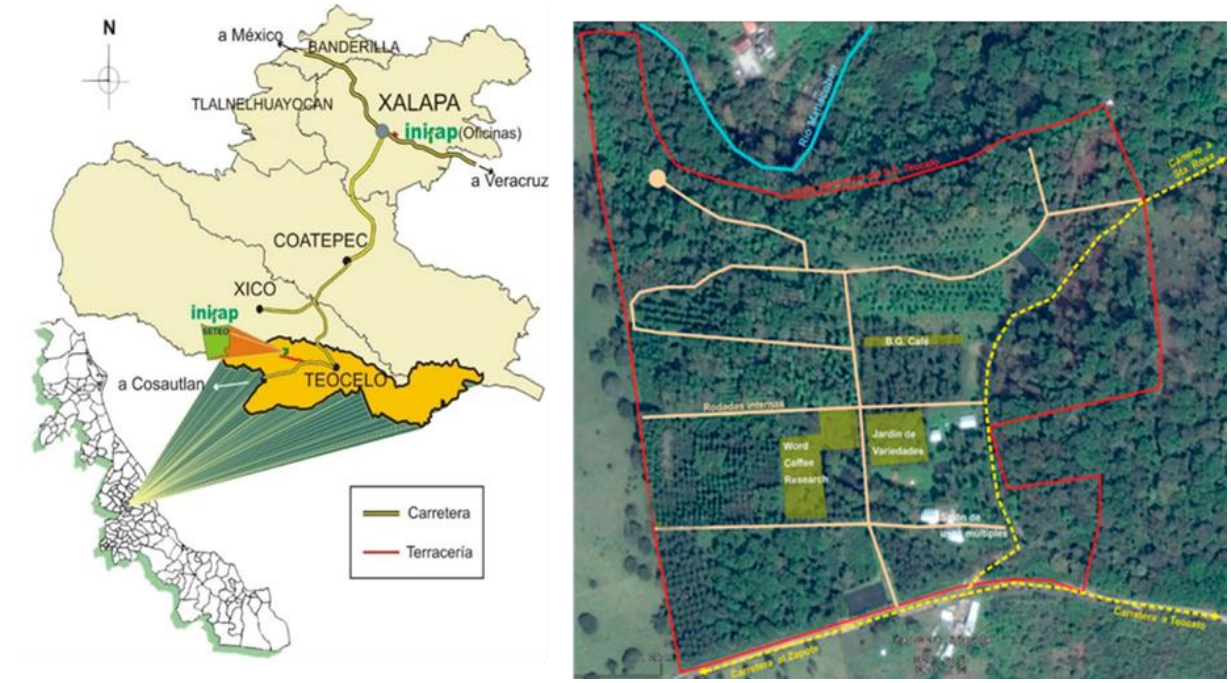


Figura 1. Localización del SETEO en el municipio de Teocelo, estado de Veracruz y ubicación del BG-Café.

Resultados y discusión

Una vez comprobado que se cumplen con los supuestos del ANOVA el análisis mostro que existían diferencias altamente significativas ($p<0.0001$) entre los cultivares evaluados (Cuadro 1). La comparación de media muestra que los tres tratamientos son significativamente diferentes (Figura 2) De los tres cultivares el que mostro un mayor rendimiento fue el Catimor 9036, con un promedio de 5.34 Kg por planta, seguida por Colombia Brote Verde con 2.8 Kg y en último lugar Oro Azteca con 1.63 Kg. Esto contrasta con los resultados obtenidos cundo se generó la variedad Oro Azteca (Línea 9025) mostro un mejor rendimiento en la primera cosecha que el 9036, sin embargo, este último también fue considerado entre las líneas elites que culminaron con la obtención de Oro Azteca (Velasco *et al*., 1988).

Cuadro 1. Análisis de varianza del rendimiento de los tres cultivares.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	460.70	2	230.35	62.82	<0.0001
Genotipo	460.70	2	230.35	62.82	<0.0001
Error	692.86	189	3.67		
Total	1153.55	191			

Conclusiones

Los datos de rendimiento registrados en el presente trabajo, en una plantación de café bajo sombra donde crecen tres variedades resistentes o tolerantes a roya, indican que la producción de café cereza presentó

diferencias significativas por variedad y que esta diferencia se debió al alto rendimiento expresado por la Línea INIFAP-9000-9036, lo cual puede ser considerado, además de su tolerancia a roya, como un factor a contemplar para continuar con los estudios de esta línea genética hasta concretarla en una nueva variedad de café, ya que las variedades son un factor que determina niveles de productividad del cafetal.

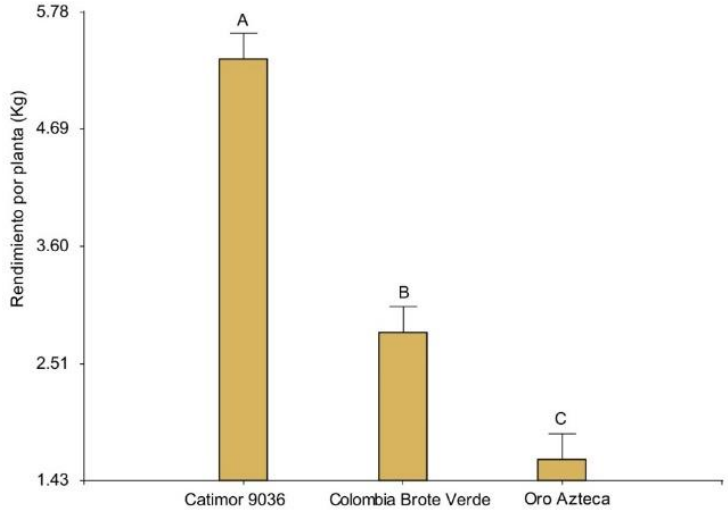


Figura 2. Comparación del rendimiento de los tres cultivares. Letras diferentes indican medias significativamente diferentes.

Referencias bibliográficas

Avelino, J. y G. Rivas. 2013. La roya anaranjada del cafeto. http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036, 47 p.

Cortina, H. A., Acuña-Zornosa, J. R., Moncada Botero, M. del P., Herrera Pinilla, J. C., & Molina, D. M. (2013). Variedades de café: Desarrollo de variedades. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura. (Vol. 1. p. 169-202. Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_09

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2011. Plan de innovación en la cafeticultura de México. UACh, INCA-Rural, Sistema-Producto Café. México D.F. 165 p. https://es.scribd.com/document/94038122/Plan-de-Innovacion-Nacional-Estrategia-de-Cafe

Velasco, H., Zamarripa-Colmenero, A., Vázquez, M., Gámez, F. P., Roa D., R., & Contreras, A. (1988). Avances del INIFAP sobe el mejoramiento genético del cafeto en México. Memoria, 1–23. https://books.google.com.mx/books?id=1-kNAQAAIAAJ&pg=RA5-PA61&dq=memoria+vii+reuni%C3%B3n+regional+de+mejoramiento+de+cafe&hl=es&newbks=1&newbks_redir=0&sa=X&ved=2ahUKEwiFiL757YaOAxVRLdAFHUMkBWgQ6AF6BAgGEAM#v=onepage&q=memoria%20vii%20reuni%C3%B3n%20regional%20de%20mejoramiento%20de%20cafe&f=false

Zamarripa, C. A., R. López M. y E. Escamilla P. 2017. Mejoramiento Genético de café. Revista Claridades Agropecuarias No. 280. p. 3-8. http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp

SECCIÓN 6
Sanidad vegetal



“PARASITISMO” */ Juan Eduardo Murillo Hernández*

ENSIBILIDAD DE HONGOS FITOPATÓGENOS DE RAÍCES DE PORTAINJERTOS DE AGUACATE AL ACEITE DE NEEM (Azadirachta indica, GERANIALES: MELIACEAE)

Abraham Bibiano-Flores[1]*, Ivette Ortiz-Lopez[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Rosario Izapa, km 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México, C.P. 30870.
[2]Posgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56264, Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: bibiano.abraham@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Persea americana* var. *drymifolia*, inhibición, biofumigación.

Introducción

México es el principal país productor y exportador de aguacate (*Persea americana*). En 2023 registró 2.97 millones de toneladas (Mt) de producción y más de 1.22 Mt de fruta exportada (FAOSTAT, 2023). El complejo de hongos patógenos con origen en el suelo reduce hasta en 60-100% la producción de portainjertos de aguacate. Entre estos, destacan *Phytophthora cinnamomi*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp., *Verticillium* sp., y *Cylindrocladium* sp. (Truong *et al*., 2011; Garbanzo y Coto, 2017). El manejo sanitario convencional se basa en la fumigación con bromuro de metilo y metam sodio (Rudolph *et al*., 2015). Sin embargo, estos productos son altamente tóxicos a la salud humana, a los recursos hídricos y reducen la fertilidad y diversidad microbiana del suelo (Ntalli *et al*., 2017; Daneel *et al*., 2018). En contraste, la biofumigación con productos orgánicos representa una alternativa de manejo más compatible con la salud humana y el medio ambiente edáfico (Motisi *et al*., 2010; Barnes *et al*., 2020). El aceite de neem (*Azadirachta indica*) se ha utilizado comúnmente para el control de plagas insectiles (Pijoan, 2004). Sin embargo, algunos autores también proponen su uso como biofumigante para el control de hongos patógenos de raíces de plantas de interés económico, aunque sin causar la muerte total de las poblaciones microbianas nativas del suelo (Oka *et al*., 2010). Estas alternativas de manejo pueden potenciarse combinadas con microorganismos promotores de crecimiento y antagonistas como *Rhizophagus irregularis*, *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas fluorescence* (Brahmaprakash y Sahu 2012) y otros polímeros como el hidrogel agrícola (poliacrilato de potasio), que por su capacidad para incrementar la capacidad del suelo para retener y dosificar la liberación de agua, podrían optimizar la retención, pervivencia y liberación (reinoculación) de los organismos benéficos por mayor tiempo (Degiorgi *et al*., 2002; Elshafie *et al*., 2020). Los objetivos de este estudio fueron: a) identificar las especies de hongos patógenos de raíces de portainjertos nativos de aguacate en un vivero comercial ubicado en Tetela del Volcán, Mor., México, b) evaluar la sensibilidad *in vitro* del complejo fungoso al aceite de neem, y c) evaluar el aceite de neem como biofumigante en un sustrato orgánico de uso local.

Materiales y métodos

Área de estudio. El experimento de campo se realizó en septiembre de 2021 en el vivero de aguacate “Los dos diamantes” en Tetela del Volcán Morelos, México. Las actividades de laboratorio se desarrollaron en el Laboratorio de Enfermedades de Frutales y Epidemiología-Lanref, del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, México.

Aislamiento e identificación de microorganismos patógenos. Se muestrearon 25 plantas injertadas con el cv. ‘Hass’ de 10 meses de edad, con síntomas de marchitez, amarillamiento y necrosis radical y se trasladaron al laboratorio para procesamiento. Fragmentos de raíces, previamente lavados con agua común y desinfestados con NaClO al 1%, se incubaron por 8 días (d) a 27 °C en cajas Petri con medios PDA acidificado y NARPH (Erwin y Ribeiro, 1996). Los hongos aislados se purificaron por la técnica *punta de hifa* (Valencia, 1996) e identificaron con base en características culturales de colonias y morfométricas de hifas y estructuras reproductivas.

Sensibilidad in vitro al aceite de neem. Se evaluó por triplicado la sensibilidad *in vitro* del complejo fungoso obtenido al Nimicide 80® (80% de aceite de neem). Los tratamientos fueron: 1) 0.7 ml L^{-1}, 2) 1.4 ml L^{-1}, 3) 3.0 ml L^{-1}, 4) Testigo (PDA, Bioxon®, sin Nimicide 80®). Se utilizó la técnica de “alimento envenenado” (Dhingra y Sinclair, 1985). Cada tratamiento tuvo ocho repeticiones; una caja Petri fue una repetición experimental. El diseño utilizado fue completamente al azar. Las cajas se incubaron a 27 ºC por 5 d. Las variables fueron: inhibición de colonias (%), esporulación (conidios/ cm^2) y viabilidad (%), caracterización

morfológica, cultural y microscópica de las cepas fúngicas, periodo (días) a formación de estructuras de resistencia, duración (días) de la viabilidad del ingrediente activo y concentración efectiva (CE_{50}). Se realizaron análisis de varianza, probit y separación de medias con Tukey ($p<0.05$) usando el programa estadístico SAS (SAS, 2002 Versión 9.0).

Efecto biofumigante de extracto de neem en sustrato. Se contrastó el efecto biofumigante del Nimicide 80® con el químico convencional metam sodio (Busan®1020) para la desinfestación del sustrato experimental (suelo nativo adicionando con residuos de hoja de aguacate. Los tratamientos fueron: 1) Nimicide 80® (3 ml L^{-1}), 2) Busan®1020 (5 ml L^{-1}), 3) Testigo (suelo sin tratamiento). Se evaluaron las unidades formadoras de colonias por g de suelo (UFC g^{-1}) en 100 µL de una dilución 10^{-3} para hongos y de 10^{-4} para para bacterias y actinobacterias en placas Petri con medio PDA, adicionado con sulfato de estreptomicina, ácido láctico y tergitol para hongos y Agar nutritivo (Bioxon® Becton Dickinson) para bacterias y actinobacterias. La evaluación se realizó de manera visual con base en las UFC g^{-1}. Se evaluaron cuatro repeticiones por tratamiento, una caja Petri como repetición. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y separación de medias con Tukey ($p<0.05$).

Resultados y discusión

Microorganismos patógenos y sensibilidad in vitro al aceite de neem. Con base en características culturales y morfométricas de colonias (Barnett y Hunter, 1998; Erwin y Ribeiro, 1996), los organismos aislados se identificaron como *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Ilyonectria* sp., *Pythium* sp. y *P. cinnamomi*. Estos organismos, con excepción de *Pythium* sp., fueron altamente sensibles ($p<0.0001$) a Nimicide 80®. La azadiractina tuvo un impacto desfavorable en la apariencia, crecimiento y desarrollo de estructuras reproductivas en *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. *Ilyonectria* sp. y *P. cinnamomi*. En general, la dosis alta (3.0 ml L^{-1}), promovió los mejores resultados en las variables evaluadas. Los valores promedio de inhibición fueron de 80.7-96.9%. *Fusarium* sp. e *Ilyonectria* sp. mostraron la menor esporulación (33.9 y 6.7%) y viabilidad (17.9 y 2.7%). Asimismo, el periodo promedio de formación de estructuras de resistencia para *Pythium* sp. y *P. cinnamomi* fue de 7 y 21 d. No se observaron estructuras de este tipo en *Fusarium* sp. El efecto benéfico de la Azaridactina fue observado por Khan *et al*. (2020), quienes al evaluar diferentes concentraciones (0.5-3.5 %) *in vitro* de extracto metanólico de neem, obtuvieron una inhibición de 86-90% en el desarrollo de *Sclerotium rolfsii,* patógeno del garbanzo (*Cicer arietinum*). Asimismo, Coventry y Allan (2001) redujeron la germinación conidial de *Sphaerotheca fuliginea hasta un* 11% con una dosis de 62.5 ppm de extracto de neem a una concentración de 55%. En este trabajo, el extracto de azadiractina no tuvo efecto inhibitorio sobre *Pythium* sp. Es posible que esta especie no muestre sensibilidad con algunos compuestos orgánicos, tal como fue documentado por Kirkegaard y Sarwar (1998) quienes tampoco registraron efecto biofumigante de extractos preparados a base de especies de Brasicas sobre *Pythium* sp., participante en un complejo fungoso en cereales.

Efecto biofumigante de aceite de neem en sustrato. La azaridactina también redujo significativamente las unidades formadoras de colonias bacterianas en el sustrato tratado ($p<0.0001$). Con la dosis utilizada en campo (de 3 ml L^{-1}), se redujo la densidad bacteriana hasta un 63.4% mientras que con el metam sodio sólo se redujo un 12.4%. La proporción de colonias fungosas eliminadas por la fumigación fue estadísticamente similar entre los tratamientos químico (100%) y orgánico (95%) ($p>0.05$). Resultados similares se obtuvieron por Jamil *et al*. (2020), quienes redujeron significativamente las poblaciones de *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* en el cultivo de chile, tratando el suelo con extractos de neem y *Trichoderma harzianum*.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el aceite de neem puede inhibir directamente la germinación de esporas y el crecimiento micelial del complejo funguso patogénico del suelo. Aun cuando la efectividad biofumigante del aceite de neem contra bacterias y hongos fue de 63.4 y 95 %, su eficiencia en una estrategia de manejo puede potenciarse si se combina con otras medidas culturales, en un modelo de Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Agradecimientos y fuente financiadora

Al SECIHTI por la beca otorgada para la realización de la investigación. Al Colegio de Postgraduados y al Laboratorio de Enfermedades de Frutales y Epidemiología-Lanref, por las facilidades proporcionadas para la realización de la investigación.

Referencias bibliográficas

Barnes, B. R. J., GlAze, C. S., WiCk, R. y HASHeMi, M. (2020). Biofumigation: An alternative strategy for the control of plant parasitic nematodes. Journal of Integrative Agriculture, 19(7): 1680–1690. doi: 10.1016/S2095-3119(19)62817-0

Coventry, E. y Allan E.J. (2001). Microbiological and Chemical Analysis of Neem (*Azadirachta indica*) Extracts: New Data on Antimicrobial Activity. Phytoparasitica, 29(5):441-450.

Jamil, A., Musheer, N. y Ashraf, S. (2020) 'Antagonistic potential of *Trichoderma harzianum* and *Azadirachta indica* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* for the management of chilli wilt', Journal of Plant Diseases and Protection. doi: 10.1007/s41348-020-00383-1

Khan, H. I., Javaid, A., Hameed, Al-T. A. y Ahmed, D. (2020). Use of Neem leaves as soil amendment for the control of collar rot disease of chickpea. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 30(98): 1-8. https://doi.org/10.1186/s41938-020-00299-w

Ntalli, N., Monokrousos, N., Rumbos, C., Kontea, D., Zioga, D., Argyropoulou, M. D., Menkissoglu-Spiroudi, U. y Tsiropolos, N. G. (2017). Greenhouse biofumigation with Melia azedarch controls *Meloidogyne* spp. and enhances soil biological activity. Journal of Pest Science, 91, 29–40.

EFECTO ANTIFÚNGICO DE EXTRACTOS BOTÁNICOS SOBRE EL AGENTE CAUSAL DE LA ANTRACNOSIS EN LIMÓN PERSA

Abraham Bibiano-Flores[1]*, Ivette Ortiz-Lopez[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Rosario Izapa, km 18 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México, C.P. 30870.
[2]Posgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56264, Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: bibiano.abraham@inifap.gob.mx

Palabras clave: Extractos vegetales, *Citrus latifolia*, inhibición.

Introducción

México es uno de los principales países productores y exportadores de limón persa en el mundo (SIAP, 2023). Al igual que muchos otros cultivos, la producción se ve afectada por problemas fitosanitarios. Entre las enfermedades más importantes, se encuentra la antracnosis, cuyo agente causal *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., es responsable de pérdidas en los rendimientos de hasta un 70% (Timmer *et al*., 1994). El manejo sanitario convencional es con productos químicos sintéticos (Zhou *et al*., 2016), con el consecuente riesgo para la salud humana y contaminantes del suelo y agua (Ntalli *et al*., 2017). Es por ello, que surge la necesidad de implementar nuevas alternativas con un alto grado de compatibilidad ambiental e inocuas al ser humano (Ntalli *et al*., 2017). El uso de extractos vegetales, se ha catalogado como una estrategia novedosa, que exhibe propiedades fungistáticas, debido a la presencia de sustancias fitoquímicas capaces de contrarrestar el crecimiento de hongos fitopatógenos, además de no comprometer la salud del medio ambiente y del hombre, garantizando la seguridad alimentaria (Martínez *et al*., 2019).

Objetivo

Evaluar la efectividad antifúngica *in vitro* de extractos vegetales en comparación con fungicidas químicos sintéticos, sobre el control de *C. gloeosporioides* agente causal de la antracnosis en limón persa.

Materiales y métodos

Se realizó una recolecta de muestras vegetales en árboles de limón persa con síntomas de antracnosis, en la huerta “Guillen”, en el Estado de Guerrero. El aislamiento y purificación del patógeno se realizó a partir de cámara húmeda y cultivo monospórico (Echandi, 1971). La identificación preliminar del hongo, se realizó con base en características morfologías (Garcés *et al*., 2001).

Prueba de patogenicidad. La prueba de patogenicidad se llevó a cabo mediante la inoculación artificial en frutos de limón previamente desinfestados con hipoclorito de sodio (NaClO) al 1% por 1 min y enjuagados dos veces con agua destilada estéril, los cuales se dejaron secar durante 15 min a temperatura ambiente. La técnica de inoculación utilizada fue, frutos de limón con y sin heridas de aguja y sacabocado inoculados con PDA + hongo. Se utilizó una caja Petri con PDA y crecimiento micelial del patógeno de cinco días de edad. Se realizaron dos incisiones a cinco frutos con aguja de disección y cinco con sacabocado previamente desinfectados, a una profundidad de 2 mm y cinco frutos sin herida, los cuales fueron inoculados depositando dos discos de 0.5 cm de diámetro de PDA que contenía micelio. Un fruto con herida de aguja de disección, sacabocado y sin herida, fueron inoculados con discos de PDA sin patógeno, como tratamiento testigo (Velázquez *et al*., 2018). Después de la inoculación, los frutos fueron depositados en cajas de plástico sobre papel sanita húmedo y estéril e incubados durante 48 horas a 24 °C (Grice *et al*., 2022). La patogenicidad se estimó con base en la presencia de síntomas (manchas necróticas circulares o deforme) en los frutos inoculados y presencia de frutos asintomáticos en el tratamiento testigo.

Efectividad in vitro *de extractos vegetales y productos químicos sobre el control de* Colletotrichum sp. Se evaluó la efectividad *in vitro* de extractos vegetales y fungicidas químicos: 1) PROGRANIC® NeemAcar (*Azadirachta indica, Cinnamomum zeylanicum*); 2) Regalia Maxx (*Reynutria sachalinensis*); 3) PROGRANIC® ALFA *(Allium sativum*); 4) PROGRANIC® OMEGA (*Argemone munita*); 5) PROGRANIC® MEGA (*Larrea tridentata*); 6) SWITCH® (Cyprodinil y Fludioxonil); 7) HEADLINE (Piraclostrobina); 8) LUNA EXPERENCE (Fluopiram y tebuconazole); 9) SCALA® (Pyrimethanil); 10) OXICOB (Oxicloruro de cobre); 11) MANZATE 200 WP (Mancozeb) y 12) Testigo absoluto (PDA sin producto). Los productos se evaluaron de acuerdo a la dosis recomendada por el fabricante, mediante la técnica de cultivo PDA envenenado

(Solimán *et al*., 2016) bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. La unidad experimental fue una caja Petri con 20 ml de PDA + producto químico-orgánico. En el centro de las cajas se sembró un disco de 0.5 cm de diámetro de *Colletotrichum* sp. y se incubaron a temperatura ambiente (27ºC). Se midió el diámetro de la colonia (cm) del patógeno cada 48 h y se obtuvo el % de inhibición del crecimiento micelial con la ecuación de Patil *et al*. (2014). Asimismo, se evaluó la densidad de esporulación (conidios ml^{-1}) y viabilidad (UFC ml^{-1}) según Vélez *et al*. (1997) y Viera *et al*. (2018). El experimento se replicó dos veces.
Análisis de datos. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de normalidad (Shapiro-Wilk α=0.001) y varianza (Proc GLM). Se determinó la diferencia entre los tratamientos con la prueba de comparación de medias Tukey al 95 % de confiabilidad, mediante el programa estadístico SAS® versión 9.0 (SAS, 2002). Antes del análisis, los datos del porcentaje de inhibición, se transformaron en $\sin^{-1}(\sqrt{x/100})$ para reducir variabilidad.

Resultados y discusión
Identificación cultural del hongo. El aislamiento obtenido mostró micelio denso de color blanco, textura algodonosa, crecimiento radial, margen entero y masa de conidios con una coloración salmón. Esporas hialinas, unicelulares, elipsoidales o cilíndricos, con ambos extremos redondeados o un extremo redondeado y el otro en punta. Esta morfología coincidió con las ilustraciones publicadas por Barnett y Hunter (1998) y lo reportado en la literatura por N'Guettia *et al*. (2014) para la especie *C. gloeosporioides*.
Prueba de patogenicidad. Los frutos exhibieron los primeros síntomas de manchas circulares amarillas y de color café cinco días después de la inoculación (ddi) y 10 ddi, mostraron lesiones necróticas hundidas, húmedas y blandas, que al cualecer, formaron manchas necróticas-marrón de 25 mm de diámetro. Los frutos del tratamiento testigo permanecieron asintomáticos. El patógeno se re-aisló únicamente de frutos inoculados y su identidad se confirmó con los criterios morfológicos antes mencionados, mismos que corroboraron los postulados de Koch. Resultados similares fueron reportados por Grice el al. (2022), quienes al inocular de forma artificial frutos de mango con el patógeno *Colletotrichum asianum* a través de una suspensión de conidios, lograron obtener lesiones de 16 a 20 mm de diámetro.
Efectividad in vitro *de extractos vegetales y productos químicos sobre el control de* Colletotrichum gloeosporioides. Los tratamientos con extractos orgánicos, mostraron diferencia altamente significativa ($p < 0.0001$, α: 0.05) en los valores de inhibición, densidad de esporulación y viabilidad. Todos los fungicidas químicos, suprimieron en un 100% el crecimiento y germinación de esporas del patógeno ($p > 0.05$), mientras que con los extractos vegetales se obtuvo una variación del 49.19 -100% en la inhibición del crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*. En cuanto a la densidad de esporulación y viabilidad, los fungicidas químicos exhibieron una alta eficacia antifúngica al disminuir en un 100% la producción y germinación de conidios de *C. gloeosporoides*. Los diferentes extractos vegetales limitaron la esporulación y viabilidad de conidios de *C. gloeosporioides* en un 32.7-100% y 72.2-100%. A pesar de que todos los extractos mostraron propiedades fungistáticas, el mejor control se obtuvo con PROGRANIC® NeemAcar y ALFA, el cual a los tres días de establecido el ensayo, inhibieron por completo el crecimiento de micelio, esporulación y viabilidad de conidios del hongo. Estos resultados coinciden con trabajos realizados por Orozco *et al*. (2006) quienes obtuvieron un 100% en cuanto a inhibición del crecimiento y esporulación de *C. gloeosporioides* al utilizar MANZATE 200 WP (Mancozeb) y OXICOB (Oxicloruro de cobre). A su vez, Guillén *et al*. (2023) reportaron un 100% en la inhibición de *C. abscissum* y *C. gloeosporioides* con el fungicida de ingrediente activo Tebuconazol a una dosis de 5 mg L^{-1}, esto debido a que las moléculas de los fungicidas químicos, actúan directamente en inhibir la biosíntesis de esteroles y por consecuencia afectan el crecimiento del micelio y esporulación (Gao *et al*., 2017). Asimismo, Verdugo *et al*. (2022) reportaron una inhibición en el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* del 52-73% con el extracto de chayotillo (*Datura discolor*), en el cultivo de limón persa. Estudios previos han demostrado que, los bioactivos volátiles de los aceites esenciales afectan las enzimas y la síntesis de los componentes de la pared celular (Ju *et al*., 2019) y por consecuencia afectan el crecimiento del micelio y la esporulación.

Conclusiones
Los extractos vegetales pueden suprimir o inhibir, según su composición, el crecimiento micelial de hongos fitopatógenos. Los productos comerciales PROGRANIC® NeemAcar y PROGRANIC® ALFA, mostraron tener un gran potencial para ser usados en la agricultura de forma *in situ* en el control *C. gloeosporioides* agente causal de la antracnosis en limón persa, bajo una estrategia de manejo preventiva, la cual puede potensiarse si se combina con otras medidas culturales, en un modelo MIP.
Agradecimiento y fuente financiadora

Los autores agradecen al Colegio de Postgraduados y al INIFAP, por las facilidades proporcionadas para la realización de la investigación. Al laboratorio general de fitopatología del Colegio de postgraduados, por la proporción de los materiales para la realización del presente estudio.

Referencias bibliográficas

Guillén, C. M. J., Umaña, R. G. y Varela, B. I. (2023). Especies de *Colletotrichum* asociados a la antracnosis en naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) y su control *in vitro* con fungicidas. Agronomía Mesoamericana 34(2): 1-16.

Ju, J., Xie, Y. F., Guo, Y. H., Cheng, Y. L., Qian, H. y Yao, W. R. (2019). The inhibitory effect of plant essential oils on foodborne pathogenic bacteria in food. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 59(20): 3281–3292.

Martínez, J., Gómez, A., Ramírez, C., Gil, J. y Durango, D. (2019). Controlling anthracnose by means of extracts, and their major constituents, from *Brosimum rubescens* Taub. Biotechnology Reports 25: 1-8.

Verdugo, C. X. E., Martínez, A. J. C., Díaz, C. S. P., Félix, G. R., Leyva, M. K. Y., Ibarra, S. C. R., Romero, U. C. y Mora, R. G. A. (2023). Antifungal activity of weed aqueous extracts on Persian lime anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. Journal of Plant Diseases and Protection 130: 293-300.

Zhou, Y., Zhang, L. y Zeng, K. (2016). Efficacy of Pichia membranaefaciens combined with chitosan against *Colletotrichum gloeosporioides* in citrus fruits and possible modes of action. Biological Control, 96: 39-47.

EFICIENCIA DE TRAMPAS PARA EL CONTROL ETOLÓGICO DE *Rhynchophorus palmarum* L. EN PALMA DE COCO (*Cocos nucifera* L.)

Jesús Germán De La Mora-Castañeda*, Jimena Candelaria Flores-López, Wilberth Chan-Cupul, Rafael Julio Macedo-Barragán

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima.
*Autor para correspondencia: gmora1@ucol.mx

Palabras clave: Trampa cubeta, trampa tipo Crosstrap, trampa Picusan.

Introducción

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) es una de las especies de plantas alimenticias más importantes para el hombre debido a su gran cantidad de usos y aplicaciones. México ocupa el noveno lugar mundial en la producción de copra y coco con una producción de 439 000 toneladas siendo los estados de Guerrero, Jalisco y Quintana Roo los principales productores. En el año 2023, en el estado de Colima se destinaron 16 017.34 hectáreas a este cultivo, 15 195.84 para la producción de copra y 821.50 a la de coco verde de las cuales, se obtuvo una producción de 21 264.80 y 5 440.36 toneladas respectivamente (SIAP, 2025).

El principal problema sanitario que enfrentan los productores de coco en el estado de Colima es la presencia del picudo negro o picudo americano de las palmas *Rhynchophorus palmarum* L. Este insecto es de gran importancia económica en los cultivos de palma de coco por el daño que causan sus larvas al alimentarse de las bases peciolares en la zona del cogollo de la planta, siendo, además, el principal vector del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*, agente causal de la enfermedad del anillo rojo considerada como una de las más letales en el cultivo del cocotero (Murguía-González *et al*., 2018).

Entre las estrategias que han sido utilizadas para reducir la población de *R. palmarum* y en consecuencia disminuir la trasmisión de enfermedades, la captura intensiva de insectos con el uso de trampas con feromonas de agregación ha demostrado ser la estrategia más eficaz (Murguía-González *et al*., 2018).

En la actualidad existen varios tipos de trampas de elaboración artesanal, todas fabricadas con contenedores y cubetas de diversos tamaños que han sido previamente evaluadas en el estado de Colima (De La Mora-Castañeda *et al*., 2022). Asimismo, existen trampas con otros diseños como el tipo Crosstrap y trampas comerciales (Picusan®) cuya eficiencia no ha sido valorada por lo que, la trampa tipo cubeta elaborada por los productores continúa siendo la más utilizada en el estado.

Objetivo

Evaluar la eficiencia de tres tipos de trampas usadas para la captura de *R. palmarum* L. en una plantación de palma de coco en el estado de Colima.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el predio “La Gloria” ubicado en el municipio de Tecomán, Colima en las coordenadas geográficas 18.87249° N, 103.93032° O, a una altura de 36 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano correspondiente a la clave Aw0(w), con una temperatura y precipitación media anual de 26.3°C y 484.9 mm respectivamente (INEGI, 2025).

El predio cuenta con una huerta de 38 ha de palma de coco (Cocos nucifera L.) variedad Enano Verde de Brasil, establecida a una densidad de 220 plantas ha^{-1}. Las palmas tienen una edad promedio de 3.5 años y un rango de altura de 3 a 4 m.

Se evaluaron tres tipos de trampa: las de tipo Crosstrap y cubeta de fabricación artesanal y la trampa comercial Picusan®, cuyas características se aprecian en la Figura 1. Las trampas fueron suplementadas cada siete días con cebo alimenticio (piña, plátano, caña, agua, alcohol y vinagre) y cada dos meses con la feromona de agregación Pherocon® (Koppert, Querétaro, México). Las trampas se colocaron en la periferia del predio con una distancia de 100 metros entre cada una de ellas. Las trampas Picusan y tipo cubeta se colocaron a ras del suelo y la tipo Crosstrap a 1.5 m sobre el nivel del suelo. La captura de los insectos se monitoreó de forma semanal por un periodo de 16 semanas durante las cuales se contabilizó el número de machos, hembras y total de insectos capturados por trampa.

Para el análisis de la información se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos (tipo de trampa) y diez repeticiones. El número de insectos totales, machos y hembras

capturados fueron analizados por medio de un Modelo Lineal Generalizado usando la distribución de Poisson y la comparación de medias se realizó por medio de una prueba de Tukey (α=0.05).



Figura 1. Arreglo de las trampas usadas para la captura de Rhynchophorus palmarum L. A: Tipo Crosstrap; B: Picusan®; C: Tipo cubeta

Resultados y discusión

En las 16 semanas de muestreo se capturaron un total de 3 315 insectos (Tipo Crosstrap 1 063, Picusan® 1 091, tipo cubeta 861), de los cuales el 39.30% fueron machos y el 60.70% hembras. Las trampas tipo Crosstrap y la trampa Picusan® mostraron la mayor eficiencia para la captura de insectos totales y machos mientras que, la trampa tipo Crosstrap fue la más eficiente para la captura de hembras. En los tres casos, la trampa tipo cubeta mostró la menor eficiencia de captura (Cuadro 1).

Cuadro **1**. Captura promedio semanal de *Rhynchophorus palmarum* L. por sexo y tipo de trampa.

Trampa	Machos	Hembras	Total
Crosstrap	3.18 ± 0.51 a	5.33 ± 0.84 a	8.51 ± 1.29 a
Picusan®	2.80 ± 0.49 ab	4.01 ± 0.68 b	6.81 ± 1.14 ab
Cubeta	2.14 ± 0.52 b	3.23 ± 0.65 c	5.38 ± 1.10 b

[a,b,c] Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes Tukey (p<0.05).

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de capturas de R. palmarum hembras y machos durante las 16 semanas de muestreo y en ella se puede apreciar que, para los tres tipos de trampa, se observó una mayor captura de hembras en comparación a machos. Así mismo, en los tres tipos de trampa se observó una disminución de las capturas en la semana 8 seguido por un aumento de capturas en las semanas 9, 10 y 11.

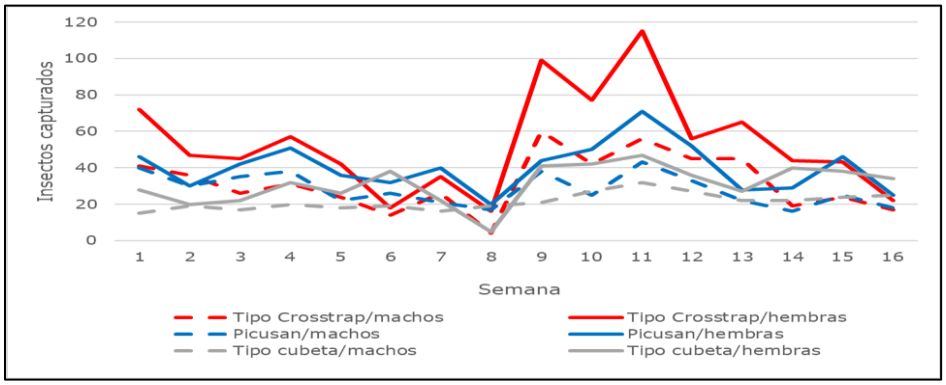


Figura 2. Comportamiento de la captura de *R. palmarum* L. machos y hembras en tres tipos de trampa durante las 16 semanas de estudio.

La trampa tipo Crosstrap y la trampa Picusan® presentaron la mayor captura total de insectos en la mayoría de las semanas evaluadas mientras que, la trampa cubeta fue la que capturó menos insectos en el periodo

de muestreo. Al igual que para las capturas por sexo, la menor cantidad de capturas se observó en la semana 8 y la mayor cantidad se registró durante las semanas 9, 10 y 11 (Figura 3).

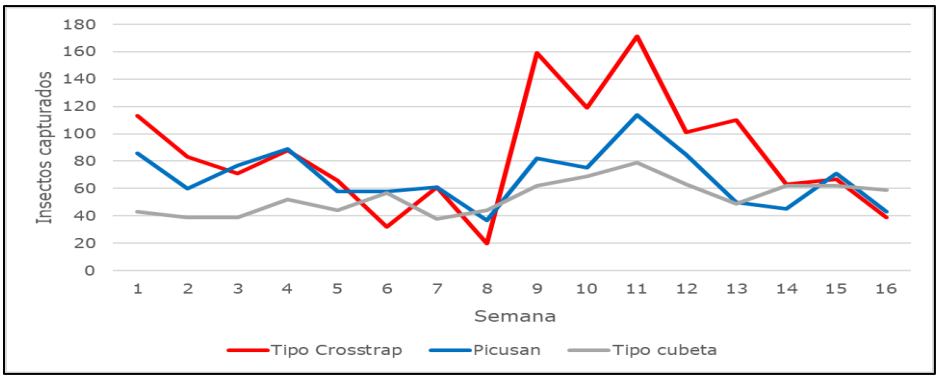


Figura 3. Comportamiento de la captura de *R. palmarum* L. en tres tipos de trampa durante las 16 semanas de estudio.

Un estudio previo realizado durante 18 semanas en el estado de Colima evaluó cinco tipos de trampa elaboradas con contenedores con diferente forma y capacidad: cubeta, bote de basura, contenedor de 20 L, botella y CSAT y en todos los casos, registraron capturas totales inferiores a las aquí observadas en 16 semanas (De La Mora-Castañeda *et al*., 2022). La trampa tipo Crosstrap es la primera vez que se prueba en predios de cocotero para la captura de *R. palmarum* en el estado de Colima, por lo tanto, no existe punto de comparación, sin embargo, su eficiencia para la captura de diversas familias de coleópteros en plantaciones forestales ha sido ampliamente probada. La trampa Picusan® tampoco ha sido previamente evaluada en el estado de Colima, sin embargo, los resultados del presente estudio coinciden con los obtenidos por Milosavljević *et al*. (2020) quienes en el sureste de California registraron que las capturas de *R. palmarum* fueron casi cinco veces mayores en las trampas Picusan® que en las trampas tipo cubeta. Independientemente del diseño de la trampa, el cebo y el atrayente utilizado juegan un papel importante en la eficiencia del trampeo, ya que esta dependerá en gran medida de que la cantidad de cebo alimenticio sea suficiente para evitar que los insectos ya capturados, escapen en busca de alimento y de que el olor de la feromona de agregación permanezca activo (Löhr & Parra, 2014). Prueba de esto es el incremento de capturas observado en las semanas 9, 10 y 11, periodo posterior al reemplazo de la feromona de agregación realizado al término de la octava semana de evaluación.

Conclusiones

La trampa tipo Crosstrap fue la más eficiente mientras que la trampa tipo cubeta que es la más utilizada por los productores de la región, mostró la menor eficiencia de captura.

Referencias bibliográficas

De La Mora-Castañeda, J. G., López-Mora, I. Y., Chan-Cupul, W., Palma-García, J. M. (2022). Efficacy and cost efficiency of traps for mass capture of Rhynchophorus palmarum L. in a mexican Cocos nucifera L. orchard. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3), #108.

Milosavljević, I., Hoddle, C. D., Mafra-Neto, A., Gómez-Marco, F., & Hoddle, M. S. (2020a). Effects of food bait and trap type on captures of Rhynchophorus palmarum (Coleoptera: Curculionidae) and trap bycatch in Southern California. *Journal of Economic Entomology*, 113(5), pp. 2407-2417.

Murguía-González, J., Landero-Torres, I., Leyva-Ovalle, O. R., Galindo-Tovar, M. E., Llarena-Hernández, R. C., Presa-Parra, E., & García-Martínez, M. A. (2018). Efficacy and cost of trap-bait combinations for capturing *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in ornamental palm polycultures. *Neotropical Entomology*, 47(2), pp. 302-310.

Löhr, B., & Parra, P. P. (2014). *Manual de trampeo del picudo negro de las palmas Rhynchophorus palmarum, en trampas de feromona adaptadas a la situación particular de pequeños productores de la costa del Pacífico colombiano*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

SIAP. (15 de febrero de 2025. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

USO DEL COADYUVANTE NO IÓNICO EN LA APLICACIÓN DEL HERBICIDA PROSULFURÓN SOBRE LA MALEZA POLOCOTE (Helianthus annuus L.)

Ma. Eugenia Cisneros-López[1]*, Miguel Ángel Valdez-Hernández[1], Martín Espinosa-Ramírez, Flor Elena Ortíz-Chairez[1]

[1]Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas CIRNE-INIFAP.
*Autor para correspondencia: cisneros.maria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Control, maleza de hoja ancha, maíz, sorgo.

Introducción

Existen factores que influyen en la efectividad de los herbicidas, tales como la combinación o mezcla de los coadyuvantes con el herbicida. Los coadyuvantes se clasifican como: I) adyuvantes activadores y II) adyuvantes utilitarios, donde los primeros aumentan la actividad, penetración, difusión y retención del ingrediente activo, mientras que los utilitarios solo modifican las propiedades de la solución sin afectar directamente la eficiencia (Pacanoski, 2015). Un coadyuvante tenso activo es aquel que favorece la dispersión de la gota sobre la hoja de la planta, debido a la disminución de la tensión superficial de la gota de una solución durante la aplicación (Massaro *et al*., 2017). Los coadyuvantes no iónicos son compuestos químicos lipídicos solubles en agua que no tienen carga molecular (positiva o negativa), esta función no iónica le permite mejores propiedades físicas de adherencia, penetración y dispersión (Bell *et al*., 2016). En este experimento se consideró evaluar la efectividad del control químico con prosulfuron en el polocote (*Helianthus annuus* L.), porque es la principal maleza en el cultivo de sorgo y maíz en el Norte de Tamaulipas. Esta especie de maleza se caracteriza por ser robusta, de reproducción por semilla, con un follaje vigoroso desde estados tempranos del desarrollo (Kantar *et al*., 2015).

Objetivo

Evaluar la respuesta del polocote al prosulfuron con un coadyuvante tenso activo no íonico.

Materiales y métodos

El material biológico que se utilizó fue el polocote, maleza de hoja ancha, que infesta áreas agrícolas del Norte de Tamaulipas, donde se siembra sorgo y maíz. Se colectó semilla de las plantas y se le asignó un número de colecta, sin embargo, en este experimento se utilizó la colecta número 12, la cual se obtuvo del municipio de San Fernando Tamaulipas, localidad “La Estación” el 19-05-2023 (Coordenadas 24°74′51″N, -97°79′30″ O), que corresponde al área de temporal y la colecta 36 fue del municipio de Río Bravo, Tamaulipas, del lote B1 dentro del área experimental del CERIB-CIRNE-INIFAP, la fecha de la colecta fue el 12-05-2023 (Coordenadas: 25°96′54″N, -98°01′25″O) la cual corresponde al área de riego en la zona.
El experimento se realizó por medio de un bioensayo (Bolaños *et al*., 2018) en macetas a cielo abierto. La primera etapa consistió en sembrar la semilla el 13 de enero del 2024 con un pre tratamiento hídrico, posteriormente el 19 de enero del 2024 se colocaron en un cámara de germinación a 5 ^{o}C por cinco días y después se mantuvieron a temperatura de laboratorio (25 ^{o}C) hasta que la radícula emergió. La segunda etapa de vivero consistió en el trasplante de diez semillas pre germinadas por maceta de plástico rígido (20 cm x 16 cm) con capacidad de 3.2 kg. El sustrato fue una mezcla de suelo y arena en una proporción 70:30, previamente hidratado, la fecha de trasplante fue el 31 de enero del 2024. Las macetas se regaron conforme lo necesitaron, al igual que el aclareo se realizó hasta quedar tres plantas por maceta. La aplicación de los tratamientos fue el 26-03-2024, así mismo, se realizó cuando la planta alcanzó de ocho a diez centímetros de altura entre 6 a 7 hojas verdaderas. Las condiciones climáticas registradas fueron de 22.8 ^{o}C, con 57 % de humedad relativa y la velocidad del viento de 12.9 km hr^{-1}. Por otro lado, se utilizó una dosis comercial de 17.1 g.i.a. Kg^{-1} del herbicida prosulfuron: 1-(4-metoxi-6-metil-1,3,5-triazin-2-il)-3-[2-(3,3,3-trifluoropropil)-fenilsulfonil]-urea) como coadyuvante se usó Bionex (alcohol tridecílico polioxietilenado 200 g/L + Nonil fenol polioxietilenado 50 g/L + Propilenglicol 54 g/L) a 1 ml L^{-1} en agua comercial potable. El total de tratamientos fueron seis: T1=colecta 12 con prosulfuron, T2= colecta 36 solo con prosulfuron, T3=colecta 12 con prosulfuron más el coadyuvante, T4= colecta 36 con prosulfuron más el coadyuvante, y T5=colecta 12 testigo sin tratamiento, T6=colecta 36 testigo sin tratamiento. La evaluación del daño a la maleza se realizó por medio de tres evaluaciones visuales de control a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación (DDA) durante el mes de marzo y abril del 2024. La toxicidad de los

herbicidas a la maleza se evaluó con estimaciones visuales y escala de 0 a 100 %, propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza: donde 0 indica falta de efecto y 100 % muerte de la planta (Cuadro 1) y los datos se expresaron en porcentaje. El tamaño de unidad experimental fue una maceta. El análisis estadístico se realizó bajo un diseño completamente al azar, el número de repeticiones fue de cinco macetas por tratamiento. El análisis de varianza se realizó con PROC GLM, y la comparación de medias con Tukey por cada fecha de muestreo. El paquete estadístico fue SAS versión 9.3.1. Los datos del control a la maleza fueron trasformados por arcoseno de la raíz cuadrada de X/100 antes de su análisis para homogeneizar varianzas y los resultados mostrados en los Cuadros se presentan retransformados por seno.

Cuadro 1. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar el control de maleza por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0-100.0	Muerte
2	96.5-99.0	Muy buen control
3	93.0-96.5	Buen control
4	87.5-93.0	Control suficiente
5	80.0-87.5	Control medio
6	70.0-80.0	Control regular
7	50.0-70.0	Control pobre
8	1.0-50.0	Control muy pobre
9	0.0-1.0	Sin efecto

Resultados y discusión

El análisis de la varianza mostró efecto significativo de los tratamientos en el control del polocote (Cuadro 2) durante las tres evaluaciones posteriores al día de la aplicación.

Cuadro 2. Cuadros medios del análisis de varianza con relación tratamientos (T).

		Daño a la maleza		
F.V	g.l	7 DDA	14 DDA	21 DDA
T	5	5521.4***	8790.4***	9859.0***
Error	24	160.0	231.1	386.6
Total	29			
C.V		22.7	20.6	18.5
media		34.6	43.9	43.0

F.V: Fuente de variación; g.l: grados libertad; C.V: Coeficiente de variación. Significancia estadística ***($P < 0.001$).

En la comparación de medias se observaron diferencias contrastantes entre los resultados, entre las dos colectas y entre los tratamientos que incluyen la adición del coadyuvante a la mezcla con el herbicida. En primer lugar, se observó que la colecta 12 (San Fernando) el control durante todo el periodo de evaluación hasta los 21 días fue muy pobre el control fue muy pobre ya que inicia con 30.8 % que fue a los 7 DDA y se termina o concluye con 21.9 % a los 21 DDA, lo anterior, demuestra una recuperación de las malezas en cuanto al herbicida, las plantas tuvieron una ligera recuperación (21.9 %); por otra parte, al incluir el coadyuvante (T3), se observó mayor eficiencia (ya que el control fue muy pobre al igual que el T1) de 41 a 43 % durante ese mismo periodo, sin embargo, al comparar el T1 (21.9 %) vs T3 (43.3 %) el control se duplico, pero siguió siendo muy pobre. Caso contrario ocurrió con la colecta 36 (CERIB-CIRNE Río Bravo); a los 7 DDA el control fue muy pobre, pero con el paso del tiempo se observó una respuesta suficiente a los 14 DDA (90.3 %) y buen control a los 21 DDA (94.8 %), con el tratamiento de prosulfuron sin adherente (T2). La adición del adherente en la solución con el herbicida (T4), mostró una respuesta más eficiente a los 7 DDA del 88.6 %de efectividad, con un control suficiente e incremento hasta un buen control del 95 % (14 DDA), así mismo, presento un 98 % con muy buen control (21 DDA). La diferencia entre colectas con o sin coadyuvante, puede ser atribuida a la tolerancia al prosulfuron, aunque ambas colectas se realizaron en el Norte de Tamaulipas, la colecta 12 proviene del área de San Fernando donde se aplica prosulfuron en forma continua cada ciclo agrícola, sin rotación con otro herbicida, es decir hay una mayor presión de selección hacia este herbicida, mientras que la colecta 36, que proviene de un área donde no se aplica este herbicida en el CERIB-CIRNE. En especies que presentan resistencia a los herbicidas, tales como

rama negra (*Conyza* spp.) al Glifosato, en Argentina, la adición de coadyuvantes no mejora el control (Massaro *et al*., 2017) como ocurrió en este experimento.

Cuadro 3. Comparación de medias entre tratamientos.

Tratamiento	Colecta	Prosulfuron (g i.a ha^{-1})	Coadyuvante ml L^{-1}	7 DDA	14 DDA	21 DDA
				Daño a la maleza (%)		
T1	12	17.1	0	30.8 c	31.3 b	21.9 bc
T2	36	17.1	0	49.7 b	90.3 a	94.8 a
T3	12	17.1	1	41.3 b	46.9 b	43.3 b
T4	36	17.1	1	88.6 a	95.0 a	98.0 a
T5	12	0	0	0 c	0 c	0 c
T6	36	0	0	0 c	0 c	0 c

DDA: Días después de la aplicación. Columnas con la misma letra iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

Conclusiones

La respuesta de la maleza al prosulfuron con un coadyuvante en el polocote, incrementó los primeros siete días después de la aplicación, casi al doble de control, el grado de control depende del origen de la colecta. Áreas donde la maleza crece con baja aplicación o nula aplicación del herbicida el control fue suficiente con o sin coadyuvante; mientras que las plantas que provienen de una población que crece en un área con mayor frecuencia de aplicación del prosulfuron el control fue muy pobre.

Agradecimientos

Este experimento es parte del Proyecto SIGI 11233535806 “Monitoreo de la resistencia del polocote (*Helianthus annuus* L.) a herbicidas en maíz y sorgo en el norte de Tamaulipas”, el cual se realizó con fondos fiscales del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Bell, J. M., Dotray, P. and Grichar, J. 2016. Adjuvants: Why are adjuvants important and what is the difference between adjuvants? https://agrilife.org/texasrowcrops/2019/04/03/why-are-adjuvants-important-and-what-is-the-difference-between-adjuvants/ (consultado 23-04-24).

Bolaños, J, J., Uscanga, M, E., Tafoya, R, J. A., Kohashi, S, J., and Torres, G, J. R. 2018. Efectividad biológica de herbicidas inhibidores del acetil coenzima a carboxilasa y acetolactato sintasa y la presencia de resistencia en *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Agrociencia. 52(5): 713-723.

Kantar, M.B., Sosa, C.C., Khoury, C.K., Castañeda Á, N.P., Achicanoy, H.A., Bernau, V., Kane, N.C., Marek, L., Seiler, G., Rieseberg, L. H. 2015. Ecogeography and utility to plant breeding of the crop wild relatives of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Frontier Plant Science 6:841. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00841.

Massaro, R. A., García, A. y Kahl, M. 2017. Efecto de dos coadyuvantes en el control de malezas en barbecho químico con dos técnicas de pulverización terrestre. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/1914/INTA_CRSantaFe_EEAOliveros.

Pacanoski, Z. 2015. Herbicides and Adjuvants. Herbicides, Physiology of Action, and Safety. InTech. doi:10.5772/60842. https://www.intechopen.com/chapters/48607

USO DE HERBICIDAS Y CUBIERTAS PLÁSTICAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN NARANJA DULCE EN PRODUCCIÓN

Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[1*], Wilson Ildefonso Avilés-Baeza[1]

*[1]Campo Experimental Mocochá. CIRSE. INIFAP.
*Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

Palabras clave: control de maleza, fitotoxicidad, herbicidas.

Introducción

La interferencia que se establece entre la maleza y los cítricos representa un problema significativo, especialmente en plantaciones jóvenes durante la temporada seca, cuando los recursos ambientales son más limitados (Bernardes *et al*., 2021). No obstante, en plantaciones en etapa productiva, la competencia ocurre entre octubre y mayo periodo en el que se concentra entre el 80 y 85% de la precipitación anual generando otros efectos adversos, como el aumento en la caída de frutos inmaduros, la reducción en el número de frutos amarrados por árbol y, en consecuencia, una menor producción total por hectárea. Este período de competencia ha sido identificado como el más crítico para las plantaciones (Goncalves *et al*., 2018). En el estado de Yucatán, el problema se intensifica durante la temporada de lluvias (mayo-septiembre), afectando el desarrollo y rendimiento de la naranja dulce si no se implementan estrategias de control adecuadas. En esta región, el uso de herbicidas como Paraquat y Glifosato es una práctica común; sin embargo, su eficacia es limitada, lo que obliga a realizar aplicaciones repetidas a lo largo del año. Ante esta problemática, el presente experimento se diseñó con el objetivo de evaluar diferentes estrategias de control de maleza, combinando herbicidas de acción foliar y residual (sobre semillas), así como el uso de cubiertas plásticas para reducir su crecimiento y competencia con el cultivo.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Unidad Agrícola “José López Portillo N°10 del municipio de Muna, Yucatán, ubicada en las coordenadas: 20° 23’ 16.31’’ N y 89° 49’ 05.48’’ W, en un suelo clasificado como K’ankab según la clasificación maya, correspondiente a un Luvisol de acuerdo con la Base de Referencia Mundial de los suelos (WRB). El estudio se llevó a cabo de julio a septiembre de 2023 en una plantación de naranja *Valencia* (patrón naranjo agrio) de al menos 15 años de edad, con árboles de altura y diámetro de copa aproximados de 4.5 a 5.0 m, y un distanciamiento entre plantas de 8.0 × 6.0 m (208 plantas/ha). Se evaluaron 11 tratamientos, que incluyeron cuatro herbicidas sintéticos (Paraquat, Halosulfurón metil, Glufosinato de amonio e Indaziflam, en diferentes combinaciones), dos herbicidas biológicos (Sec Bios, Sec Natural y Herbitech), y dos tipos de cubierta plástica (acolchado plata/negro calibre 90 y *ground cover* negro), los cuales se compararon con dos testigos: Glifosato y Testigo enhierbado.

Se realizaron dos aplicaciones de herbicidas en una banda de 4.0 m de ancho a lo largo de las líneas de cultivo. La primera aplicación se efectuó el 26 de agosto y la segunda el 25 de octubre. Las cubiertas plásticas se instalaron los días 21 y 22 de agosto, también con un ancho de 4.0 m. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela útil tuvo dimensiones de 4.0 × 24 m (96 m²) e incluyó cuatro plantas por parcela, distribuidas en una línea. Las variables registradas fueron: especies presentes antes de la aplicación (Gámez *et al*., 2011; Campo y Duval, 2014), cobertura total de maleza cada 15 días (Gámez *et al*., 2011), fitotoxicidad cada 15 días (Pérez *et al*., 2014), así como diámetro de copa, diámetro del injerto, longitud de brotes y número de brotes secundarios, evaluados a los 66 días después de la primera aplicación. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Statgraphics Centurion XVI.I mediante análisis de varianza (ANVA) y pruebas de separación de medias utilizando el método de la DMS ($p \geq 0.05$). Previo al análisis estadístico, los datos se transformaron en porcentaje de arco seno raíz de x.

Resultados y discusión

Especies presentes en el área de estudio. Se identificaron diez especies de maleza presentes en la línea del cultivo (banda de 4.0 m de ancho), de las cuales ocho correspondieron a especies de hoja ancha (*Boerhavia erecta*, *Chamaecrista* sp., *Malvastrum corchorifolium*, *Merremia aegyptia*, *Ruellia nudiflora*, *Euphorbia hyssopifolia*, *Tridax procumbens* y *Phaseolus* sp.) y dos a especies de hoja angosta (*Cyperus rotundus* y *Cynodon dactylon*). La especie dominante, determinada a partir de su densidad poblacional,

cobertura y frecuencia de aparición en el muestreo, fue *Cyperus rotundus* (Cyperaceae), al alcanzar un Índice de Valor de Importancia (IVI) de 160.1%.

Cobertura total de la maleza (%). El análisis de varianza (ANVA) mostró diferencias altamente significativas en todos los muestreos. Sobresalieron los tratamientos T6 y T7, que mantuvieron las menores coberturas de maleza durante el periodo de evaluación, con valores de 0.0%. Los tratamientos T2 y T5 fueron los únicos que se aproximaron de manera parcial a la efectividad de los plásticos, registrando coberturas similares entre los 15 y 30 días después de la aplicación (dda) en T2, y entre los 30 y 45 dda en T5. Los demás tratamientos, aunque lograron reducir la cobertura de maleza en comparación con el testigo sin control (testigo enhierbado), en su mayoría presentaron valores superiores a los obtenidos con las cubiertas plásticas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cobertura de maleza (%) en naranja dulce después de la aplicación de los tratamientos (dda). Muna, Yuc. PV/2023-24.

N°	Tratamientos	Dosis Comercial (kg o L ha^{-1})	15 dda	30 dda	45 dda	60 dda
1	Glifosato	4.0	10.4 de	8.0 a	12.5 b	12.7 b
2	Paraquat + Halosulfurón metil	4.0 + 0.12	1.6 ab	6.6 a	10.5 b	9.7 b
3	Glufosinato de amonio + Halosulfurón metil	4.0 + 0.12	15.3 ef	7.0 a	8.2 b	9.1 b
4	Paraquat + Indaziflam	4.0 + 0.4	4.1 bc	6.8 a	5.7 b	4.9 b
5	Glufosinato de amonio + Indaziflam	4.0 + 0.4	10.3 de	5.0 a	4.1 ab	4.4 b
6	Acolchado plata/negro cal. 90.	---	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
7	Ground cover negro	---	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
8	Herbitech	6.0	12.4 de	7.7 a	14.0 b	3.7 b
9	Sec Bios	6.0	7.1 cd	4.2 a	6.7 b	12.0 b
10	Sec Natural	6.0	9.5 de	5.6 a	12.2 b	10.6 b
11	Testigo Enhierbado	---	23.9 f	23.4 b	31.9 c	29.6 c

dda: días después de la aplicación. Valores con la misma literal no difieren de acuerdo con DMS ($p<0.05$).

Fitotoxicidad (%). No se registraron síntomas de fitotoxicidad en las plantas de naranja ni daños en las cubiertas plásticas a los 15, 30, 45 y 60 días posteriores a la aplicación de los herbicidas.

Parámetros de crecimiento del cultivo. Únicamente se detectaron diferencias significativas en las variables “diámetro de copa N–S” y “número de brotes secundarios” a los 66 días dda. En la primera variable, sobresalieron los tratamientos T1, T3, T4, T6, T7 y T8, que presentaron incrementos en el diámetro de copa de 0.33 m (T8) a 0.45 m (T4), siendo estadísticamente superiores al testigo enhierbado. En cuanto al número de brotes secundarios, destacaron los tratamientos T9 y T10, con 2.5 y 2.25 brotes, respectivamente, también estadísticamente diferentes al testigo enhierbado (Cuadro 2). Excepto en estas variables, y a pesar de las marcadas diferencias observadas en el control de maleza (variable “cobertura”), no se detectaron respuestas claras en las demás variables de crecimiento del cultivo que pudieran correlacionarse con el nivel de control de maleza logrado. Esto sugiere que los árboles adultos presentan una mayor tolerancia a la interferencia, probablemente requiriendo un período de exposición más prolongado para manifestar algún efecto detrimental. En este sentido, Gonçalves *et al*. (2018) documentaron que los daños por interferencia en una plantación de naranja de nueve años de edad fueron detectados únicamente tras una exposición a la maleza de ocho meses (octubre a mayo), periodo durante el cual la plantación recibió entre el 80 y 85% de la precipitación total, durante dos años consecutivos.

Cuadro 2. Incremento en parámetros de crecimiento en plantas de naranja a los 66 días después de la aplicación de los tratamientos (dda). Muna, Yuc. PV/2023-24.

N°	Tratamientos	Diámetro de Copa (m)			Diámetro del Injerto (cm)^{ns}	Long. Brotes (cm)^{ns}	N° Brotes Sec.**
		N-S*	E-W^{ns}	Media^{ns}			
1	Glifosato	0.35abc	0.40	0.37	0.67	4.56	0.31 e
2	Paraquat + Halosulfurón metil	0.23abcd	0.46	0.35	0.00	2.28	0.81 de
3	Glufosinato de amonio + Halosulfurón metil	0.32abc	0.31	0.31	0.52	6.34	1.13 d
4	Paraquat + Indaziflam	0.45a	0.33	0.39	0.83	4.50	1.88 bcd
5	Glufosinato de amonio + Indaziflam	0.13 bcd	0.29	0.21	1.10	2.19	0.75 de
6	Acolchado plata/negro cal. 90.	0.38ab	0.29	0.33	0.50	2.94	1.31 cd
7	Ground cover negro	0.36abc	0.40	0.38	0.14	4.44	0.44 e
8	Herbitech	0.33abc	0.16	0.24	0.05	1.56	0.81 de
9	Sec Bios	0.09 cd	0.11	0.10	0.24	6.69	2.50a
10	Sec Natural	0.14 bcd	0.35	0.24	0.17	2.78	**2.25ab**
11	Testigo Enhierbado	0.02 d	0.31	0.16	0.26	2.97	1.13 d

dda: días después de la aplicación.Valores con la misma literal no difieren estadísticamente de acuerdo con DMS ($p<0.05$).

Conclusiones

Todos los tratamientos evaluados ejercieron un efecto de control significativo sobre la maleza en una plantación de naranja en etapa de producción, con dominancia de coquillo (*Cyperus rotundus*), durante los primeros 60 dda, en comparación con el testigo enhierbado, al presentar valores de cobertura significativamente menores. No se observaron efectos fitotóxicos visibles en las plantas de naranja dulce, con una edad mínima de 15 años, a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los herbicidas. Asimismo, no se registraron efectos negativos asociados al uso del acolchado plata/negro y del ground cover negro sobre el cultivo durante el mismo período, tras su instalación. Hasta los 66 dda, las plantas de naranja mostraron una mayor respuesta en el crecimiento de la copa en la orientación norte-sur en los tratamientos: Paraquat + Indaziflam, acolchado plata/negro, ground cover negro, Glifosato, Herbitech, Glufosinato de amonio + Halosulfurón metil, y Paraquat + Halosulfurón metil; además, se observó una mayor emisión de brotes secundarios en los tratamientos Sec Bios y Sec Natural.

Referencias bibliográficas

Bernardes S., M. B.; Itafin G., J.; Martins, M. H.; Oliveira, A. C., Bianco, S. 2021. Weed management in the dry season: interferences in physiology and quality of Persian lime fruits. Pesquisa Agropecuaria. 51:1-10.

Campo, A. M.; Duval, V. S. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). Anales de Geografía. 34(2):25-42.

Gámez L., A. J.; Hernández, M.; Díaz, R.; Vargas, J. 2011. Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para la producción de jojotos. Agronomía Tropical. 61(2):133-139.

Goncalves, G.S.; Carvalho, J.E.B.; Garcia, M.V.B.; Gama, L.A.; Azevedo, C.L.L.L; Silva, J.F. 2018. Periods of weed interference on orange tree crops. Planta daninha. 36:e018179810 (online).

Pérez M., L.; Castañeda C., C.; Ramos T., M.; Tafoya R., J. A. 2014. Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. Interciencia. 39(6):42-427.

USO DE HERBICIDAS Y CUBIERTAS PLÁSTICAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN NARANJA DULCE EN DESARROLLO.

Wilson Ildefonso Avilés-Baeza[1], Mónica Guadalupe Lozano-Contreras[1]*

*[1]Campo Experimental Mocochá. CIRSE. INIFAP.
*Autor para correspondencia: lozano.monica@inifap.gob.mx

Palabras clave: Control de maleza, fitotoxicidad, herbicidas.

Introducción

En el estado de Yucatán, la presencia de maleza en los cultivos de cítricos es un problema recurrente, especialmente durante la temporada de lluvias (mayo-septiembre). Durante este periodo, el crecimiento acelerado de la maleza puede afectar significativamente el desarrollo y rendimiento de la naranja dulce, si no se implementan estrategias de control adecuadas. La competencia entre la maleza y el cultivo es particularmente crítica en plantaciones jóvenes, donde puede reducir la altura de las plantas, el diámetro del tallo y el número de hojas. Además, algunas especies de maleza, como *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* y *Sorghum halepense,* pueden agravar el problema al liberar sustancias fitotóxicas que inhiben el crecimiento del cultivo (Horowitz, 2015). Para mitigar este problema, los productores recurren comúnmente al uso de herbicidas como Paraquat y Glifosato, aplicándolos principalmente entre junio y septiembre, cuando la precipitación es más intensa. Sin embargo, la eficacia de estos productos es limitada, lo que obliga a realizar aplicaciones continúas debido al rápido crecimiento y alta capacidad de regeneración de la maleza en condiciones tropicales. Ante esta problemática, el presente experimento se diseñó con el objetivo de evaluar diferentes estrategias para el control de maleza, combinando herbicidas con acción sobre el follaje y las semillas de la maleza, así como el uso de cubiertas plásticas para reducir su crecimiento y competencia con el cultivo.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en la Unidad Agrícola “José López Portillo N°3 del municipio de Muna, Yucatán, ubicada en las coordenadas: 20º 24’ 52.35” N y 89º 48’ 30.75’’ W, en un suelo clasificado como Ak’ al che’ en la clasificación maya y Gleysol en la clasificación de la Base de Referencia Mundial de los suelos (WRB). El estudio se realizó de julio a septiembre de 2023 en una plantación de naranja *Valencia* (patrón naranjo agrio) de cinco meses de edad, con una altura promedio de 86 cm y un distanciamiento entre plantas de 6.0 × 6.0 m (278 plantas/ha).Se evaluaron ocho tratamientos, incluyendo los herbicidas Paraquat, Halosulfurón metil, Glufosinato de amonio e Indaziflam, en diferentes combinaciones. Además, se analizaron dos tipos de cubiertas plásticas: acolchado plata/negro calibre 90 y ground cover negro, comparándolos con dos testigos: Glifosato y Testigo Enhierbado.

Se realizaron dos aplicaciones de herbicidas en una banda de 2.6 m de ancho a lo largo de las líneas del cultivo. La primera aplicación se llevó a cabo el 27 de julio, mientras que la segunda se realizó entre el 29 de agosto (T1) y el 6 de septiembre (T2, T3, T6 y T7). Las cubiertas plásticas fueron instaladas del 24 al 26 de julio, con un ancho de 2.6 m para el acolchado plata/negro y 2.0 m para el ground cover. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela útil tuvo dimensiones de 5.2 × 24 m (124.8 m²) e incluyó ocho plantas por parcela, distribuidas en dos líneas. Las variables registradas fueron: especies presentes antes de la aplicación (Gámez *et al*., 2011; Campo y Duval, 2014), cobertura total de la maleza cada 15 días (Rodríguez *et al*., 2008; Gámez *et al*., 2011), fitotoxicidad cada 15 días (Pérez *et al*., 2014), diámetro de copa, diámetro del patrón y del injerto, y longitud y número de brotes a los 90 días después de la primera aplicación.

Los datos obtenidos fueron analizados con el programa Statgraphics Centurion XVI.I mediante análisis de varianza (ANVA) y pruebas de separación de medias utilizando el método de la DMS ($p \geq 0.05$). Previo al análisis estadístico, los datos se transformaron en porcentaje de arco seno raíz de x.

Resultados y discusión

Especies presentes en el área de estudio. Se identificaron ocho especies de maleza, de las cuales cuatro eran de hoja ancha (*Boerhavia erecta*, *Chamaecrista flexuosa*, *Malvastrum corchorifolium* y *Parthenium hysterophorus*) y cuatro de hoja angosta (*Cyperus rotundus*, *Sorghum halepense*, *Commelina erecta* y *Urochloa panicoides*). Las especies dominantes, basadas en su densidad poblacional, cobertura y

frecuencia de aparición en el muestreo, fueron *Cyperus rotundus* (Cyperaceae) y *Sorghum halepense* (Poaceae), con Índices de Valor de Importancia (IVI) de 191.3% y 40.3%, respectivamente.

Cobertura total de la maleza (%). El análisis de varianza (ANVA) mostró diferencias altamente significativas en todos los muestreos, destacando los tratamientos T3, T4 y T5 por presentar las menores coberturas de maleza. En particular, T4 y T5 lograron una cobertura del 0.0%, mientras que T3 registró valores de 0.4% a 7.9%, manteniendo estos niveles hasta 75 días después de la aplicación (ddt). Por su parte, los tratamientos T2 y T6 también redujeron significativamente la cobertura de maleza, aunque su efecto fue más limitado en el tiempo. En el caso de T2, la reducción fue notable solo durante los primeros 30 ddt, con coberturas de 9.3% a 10.9%, mientras que en T6 el efecto se extendió hasta los primeros 45 ddt, con valores de 4.9% a 36.9% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cobertura de maleza (%) en naranja dulce después de la aplicación de los tratamientos (dda). Muna, Yucatán, PV-OI 2023-2024.

	Tratamientos	Cobertura (%)				
		15 dda	30 dda	45 dda	60 dda	75 dda
1	Glifosato	14.3 bc	56.5 c	16.4 ab	32.8 b	13.4 b
2	Glufosinato de amonio + Halosulfurón metil	9.3 abc	10.9 a	27.3 b	27.6 b	18.3 b
3	Paraquat + Halosulfurón metil	0.4 ab	7.9 a	2.3 a	3.9 a	7.6 ab
4	Acolchado plata/negro cal. 90.	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
5	Ground cover negro	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a
6	Paraquat + Indaziflam	13.1 abc	36.9 b	4.9 ab	19.4 b	32.4 c
7	Glufosinato de amonio + Indaziflam	16.1 c	44.7 bc	9.1 ab	23.9 b	39.5 c
8	Testigo Enhierbado	54.9 d	91.8 d	78.5 c	98.9 c	71.6 d

Valores con la misma literal no difieren estadísticamente. DMS ($p \leq 0.05$)

Fitotoxicidad (%). No se observaron daños por fitotoxicidad en las plantas de naranja ni afectaciones en las cubiertas plásticas a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después de la aplicación de los herbicidas.
Parámetros de crecimiento del cultivo. No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables de desarrollo de las plantas de naranja; sin embargo, se identificaron algunas tendencias que correlacionan con los datos y los resultados estadísticos registrados en la cobertura de maleza. En este sentido, los tratamientos T4, T5 y T6 presentaron los valores más altos en todas las variables de crecimiento, mientras que T7 se posicionó en un segundo nivel, destacando únicamente en el diámetro de copa en las direcciones N-S y E-O, así como en el número de brotes. Es importante resaltar que T6 mostró un desarrollo del cultivo similar a T4 y T5, a pesar de que su efectividad en la reducción de la cobertura de maleza fue menor, ubicándose en un segundo nivel de control (Cuadro 2). Por el contrario, T3, a pesar de haber logrado uno de los mejores niveles de control de maleza, junto con los acolchados plásticos, registró los valores más bajos en todas las variables de desarrollo del cultivo, al igual que T2, T1 (Glifosato) y T8 (Testigo enhierbado). Esto sugiere un posible efecto adverso de la mezcla sobre el cultivo, en especial de Halosulfurón metil, el cual es un herbicida sitémico con actividad en el suelo y sobre el follaje. Cabe destacar que este posible daño no fue perceptible visualmente, ya que no se detectaron síntomas de fitotoxicidad en las evaluaciones realizadas.

Conclusiones

Todos los tratamientos evaluados lograron un control significativo de la maleza en comparación con el testigo sin control, en una plantación de naranja en etapa de desarrollo con dominancia de coquillo (*Cyperus rotundus*) y zacate Johnson (*Sorghum halepense*). Los tratamientos más efectivos fueron: T4 (Acolchado plata/negro), T5 (Ground cover negro), T3 (Paraquat + Halosulfurón metil), T2 (Glufosinato de amonio + Halosulfurón metil) y T6 (Paraquat + Indaziflam).
No se observaron efectos fitotóxicos visibles en las plantas de naranja dulce a los 15 y 30 días después de la primera aplicación de los herbicidas, ni a los 15, 30 y 45 días después de la segunda.

Asimismo, los tratamientos con acolchado T4 (Acolchado plata/negro) y T5 (Ground cover negro) no mostraron efectos negativos sobre el cultivo en los muestreos realizados a los 15, 30, 45, 60 y 75 días de su instalación. Las plantas de naranja dulce presentaron una mejor respuesta en crecimiento en los tratamientos T4 (Acolchado plata/negro), T5 (Ground cover negro la mezcla de herbicidas) y T6 (Paraquat + Indaziflam), reflejándose en un mayor diámetro de copa, diámetro del tallo tanto en el patrón como en el injerto y una mayor emisión de brotes.

Cuadro 2. Incremento en parámetros de crecimiento en plantas de naranja dulce a 90 días después de la aplicación de los tratamientos (dda). Muna, Yucatán, PV 2023.

	Tratamientos	Diámetro Copa (cm)		Diámetro (mm)		No. de Brotes ^{ns}
		N-S^{ns}	E-W^{ns}	Patrón^{ns}	Injerto^{ns}	
1	Glifosato	16.19	13.13	3.51	2.75	9.38
2	Glufosinato de amonio + Halosulfurón metil	9.38	10.38	2.66	2.35	7.25
3	Paraquat + Halosulfurón metil	12.94	12.38	2.56	2.65	5.25
4	Acolchado plata/negro Calibre 90.	25.10	24.00	3.31	3.45	14.00
5	Ground cover negro	25.63	29.63	2.94	3.31	10.50
6	Paraquat + Indaziflam	27.00	25.56	3.45	2.93	11.63
7	Glufosinato de amonio + Indaziflam	22.19	22.00	2.43	2.23	10.88
8	Testigo Enhierbado	1.94	4.88	1.11	1.85	5.50

Valores con la misma literal no difieren estadísticamente. DMS ($p \leq 0.05$). ^{ns}Diferencias no significativas.

Referencias bibliográficas

Campo, A. M.; Duval, V. S. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). Anales de Geografía. 34(2):25-42.

Gámez L., A. J.; Hernández, M.; Díaz, R.; Vargas, J. 2011. Caracterización de la flora arvense asociada a un cultivo de maíz bajo riego para la producción de jojotos. Agronomía Tropical. 61(2):133-139.

Horowitz, M. 1973. Competitive effects of three perennial weeds, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Cyperus rotundus* L. and *Sorghum halepense* (L.) Pers., on young citrus. Journal of Horticultural Science. 48:135-137.

Pérez M., L.; Castañeda C., C.; Ramos T., M.; Tafoya R., J. A. 2014. Control químico preemergente de la maleza en tomate de cáscara. Interciencia. 39(6):42-427.

Rodríguez, M.; Plaza, G.; Gil, R.; Chaves, F.; Jiménez, J. 2008. Reconocimiento y fluctuación poblacional arvense en el cultivo de espinaca (*Espinacea oleracea* L.) para el municipio de Cota, Cundinamarca. Agronomía Colombiana.16(1):87-96.

EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE HERBICIDAS POST EMERGENTES PARA EL CONTROL DE POLOCOTE (*Helianthus annuus* L.)

Miguel Ángel Valdez-Hernández[1*], Enrique Rosales-Robles[2], Ma. Eugenia Cisneros-López[1], Flor Elena Ortiz-Cháirez, Martín Espinosa-Ramírez[1]

[1]INIFAP-CIRNE-Campo Experimental Río Bravo, carretera Matamoros-Reynosa, km 61. C.P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas, México. [2]Asesor en manejo de malezas.
*Autor para correspondencia: valdez.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Control, dosis, susceptible.

Introducción

En el municipio de Matamoros el principal cultivo es el sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench.), con una superficie establecida de 131,406 ha en el año agrícola 2024 (SIAP, 2025). Una de las principales limitantes en el desarrollo de este cultivo es el control deficiente de malezas, ya que compiten por nutrientes, humedad y luz, ocasionando pérdidas de rendimiento que oscilan entre el 15 a 20 % y pueden llegar hasta un 97 % en casos de una infestación severa (Schwartz y Gage, 2018). La principal maleza en la zona norte de Tamaulipas es el polocote (*Helianthus annuus* L.), originaria de las grandes llanuras de América del Norte, distribuido desde el sur de Canadá hasta el norte de México. El control de malezas se realiza principalmente de forma química, los herbicidas más utilizados en la zona para controlar malezas de hoja ancha en post emergencia son 2,4-D, dicamba y prosulfuron (Lancaster *et al*., 2025). Estos herbicidas se utilizan hace más de dos décadas, y el uso repetitivo es la principal causa del desarrollo de la resistencia a los herbicidas (Manibharathi, 2023). El objetivo principal de este trabajo fue establecer un ensayo de efectividad biológica de herbicidas sobre dos biotipos de polocote.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Río Bravo (CERIB) del INIFAP (25° 57' 54" latitud norte y 98° 01' 03" longitud oeste; altitud 50 msnm). En este bioensayo se utilizó un lote de semilla proveniente de Matamoros, codificada con el número de población 21; y una población de Río Bravo, codificada con el número 36 (campo experimental del INIFAP), la cual se consideró como testigo, por no haber sido aplicada con herbicidas por varios años. La población 21 proviene de un lote agrícola en el cual se le aplico el prosulfuron a dosis comercial, pero no resulto en un control efectivo de polocote. En el ensayo se utilizaron dos gramos (400 semillas aproximadamente) de semilla limpia, que se remojó en agua por 24 horas, posteriormente se sembró en cajas Petri sobre papel filtro Whatman No.1 a capacidad de campo. Las cajas se mantuvieron por siete días en condiciones de refrigeración a 5 °C para romper su latencia; posteriormente se colocaron a temperatura ambiente (25 °C) para su germinación durante cuatro días. El trasplante se realizó el 31 de enero de 2024 en macetas, con un sustrato mezcla tierra/arena 80/20. Las macetas se regaron cada tercer día. El día 14 de marzo del 2024 se realizó la aplicación de los herbicidas sobre las poblaciones, cada maceta tenía cuatro plantas cada una, con una altura promedio de 8 a 10 cm.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos (prosulfuron, 2,4-D amina, dicamba a sus dosis de etiqueta 17.1, 598.7 y 240 g de i. a. h^{-1} respectivamente, y el testigo sin aplicación) y cuatro repeticiones. Las unidades experimentales consistieron en una maceta con cuatro plantas. La aplicación se realizó con un equipo de mochila manual en forma de aspersión total sobre las plantas de polocote, equipado con una boquilla de abanico plano normal uniforme 8003E, presión de salida de 275 kPa, volumen de aspersión de 200 L ha^{-1}, y se utilizó agua purificada a la cual se le agregó coadyuvante (Bionex) a dosis de 1.0 mL L^{-1} de agua para todos los tratamientos.

La evaluación de la efectividad de los herbicidas sobre la maleza, se realizó con base a la escala propuesta por la Sociedad Europea de la Investigación de la Maleza (EWRS). Las evaluaciones se realizaron mediante estimaciones visuales de 0 al 100 %; donde 0 % indica sin efecto y 100 % la muerte de la planta (Cuadro 1). La evaluación de los tratamientos se realizó a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (DDA). Los resultados de los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de DMS ($p \leq 0.05$). Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS versión 9.4.

Cuadro 1. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) para evaluar la efectividad en el control de maleza por herbicida.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre la maleza
1	99.0 - 100.0	Muerte
2	96.5 - 99.0	Muy buen control
3	93.0 - 96.5	Buen control
4	87.5 - 93.0	Control suficiente
5	80.0 - 87.5	Control medio
6	70.0 - 80.0	Control regular
7	50.0 - 70.0	Control pobre
8	1.0 - 50.0	Control muy pobre
9	0.0 - 1.0	Sin efecto

Resultados y discusión

La población 21 de polocote tratada con prosulfuron mostró un control pobre (61 %) a los 28 DDA, este resultado comprueba que la planta tiene la capacidad de sobrevivir después de estar expuesta a una dosis que antes la mataba. Sin embargo, esta población mostro una alta susceptibilidad a los herbicidas 2,4-D y dicamba al obtener la muerte (99 y 100 %) de la maleza.

La población de polocote testigo (36) mostró susceptibilidad a los herbicidas aplicados, prosulfuron y dicamba; que a los 21 DDA resultaron en su muerte (Cuadro 2). El 2,4-D tuvo un control suficiente (91 %) a los 28 DDA. Rosales *et al*. (2011), evaluaron los herbicidas prosulfuron y 2,4-D (17 y 720 g i. a. h^{-1}) para el control de *H. annuus* y reportaron control suficiente a buen control de la maleza, estos resultados coinciden a los presentados en esta investigación.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos en el control de polocote (*Helianthus. annuus*) a los 7, 14, 21 y 28 DDA.

Población	DDA	Control de polocote (%)			
		Tratamientos (g i.a. h^{-1})			
		Prosulfuron	2,4-D	Dicamba	Testigo
		17.1	598.7	240	0
21	7	20 b	27 a	30 a	0 c
	14	57 b	77 a	78 a	0 c
	21	59 b	97 a	98 a	0 c
	28	61 b	99 a	100 a	0 c
36	7	45 a	23 c	31 b	0 d
	14	92 a	65 b	64 b	0 c
	21	100 a	90 b	100 a	0 c
	28	100 a	91 b	100 a	0 c

Medias con letras iguales en cada fila no son estadísticamente diferentes (DMS $p \leq 0.05$). DDA: Días después de la aplicación.

Conclusiones

La población de polocte 21 del municipio de Matamos es posiblemente resistente al herbicida prosulfuron, al mostrar un control solo del 61 %, a los 28 DDA, por debajo del mínimo aceptable (87.5 %). No obstante, resulto ser susceptible a los herbicidas 2,4-D y dicamba, que pueden ser usados para su control.

Fuente financiadora
Proyecto SIGI 11233535806 “Monitoreo de la resistencia del polocote (*Helianthus annuus* L.) a herbicidas en maíz y sorgo en el norte de Tamaulipas”.

Referencias bibliográficas

Lancaster, S.R., W.H. Fick, K.B.J. Kouame, P. Geier, and J. Falk Jones. 2025. Chemical Weed Control for Field Crops, Pastures, Rangeland, and Noncropland. Report of Progress 1190. Manhattan, KS: Kansas State University. 156 p.

Manibharathi, S. (2023). Herbicide Resistance and Its Management Strategies - A Review. *Madras Agricultural Journal*, *110*(september).

Rosales R, E., y Cerda G, P. A. (2011). Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista fitotecnia mexicana*, *34*(4), 269-275.

Schwartz, L, L. M., and Gage, K. L. (2018). Sustainable weed control in grain sorghum. In *Weed Control* (pp. 262-275). CRC Press.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (mayo 2025).

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE ALGODÓN (*Gossypium hirsutum* L.)

Flor Elena Ortiz-Cháirez[1]*, Ma. Eugenia Cisneros-López[1]

[1]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61 CP. 88900. Cd. Río Bravo, Tamaulipas.
*Autor para correspondencia: ortiz.flor@inifap.gob.mx

Palabras clave: Física, fisiológica y sanitaria.

Introducción

La mayor parte de la superficie del cultivo de algodón a nivel mundial se siembra con semilla transgénica. En México, los algodones transgénicos se utilizan desde el año 1996 (Bonilla *et al*., 2020). En Tamaulipas el algodón es sembrado tanto en el norte, como en el sur, en ciclos Otoño-Invierno y Primavera-Verano, respectivamente (SIAP, 2024). La siembra de semilla transgénica puede ocasionar generen resistencia, por el uso intensivo de un solo herbicida sobre la maleza objetivo; por lo tanto, una medida para retrasar la resistencia, es el uso de variedades convencionales (Orona *et al*., 2024). La semilla de calidad es un requisito previo para el establecimiento uniforme de la población, lo que facilita una mayor productividad. Sin embargo, la falta de semilla de algodón de mejor calidad al momento de la siembra es la principal causa de la germinación deficiente y el fracaso de la población en los países en desarrollo. La semilla de algodón representa entre el 15 % y el 25 % del valor del cultivo, y es importante mantener su calidad después de la cosecha y el almacenamiento para evitar su deterioro (Rehman *et al*., 2020).

Objetivo

Evaluar la calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla de algodón.

Materiales y métodos

La semilla de algodón se produjo en el municipio del Mante, Tamaulipas, se recibieron cinco kilogramos por lote (L), que se distribuyeron de la siguiente forma: el mes de febrero dos (L1 y L2); mas dos en el mes de septiembre (L3 y L4) en el año 2024. La evaluación de la calidad se efectuó en el laboratorio de Suelo, Agua y Planta CERIB-CIRNE. Antes de realizar las pruebas a la semilla, se homogeneizo con un divisor mecánico para separar la sub muestras. Pureza física: Se tomaron cinco muestras de 100 gramos para separar las diferentes fracciones de la muestra (semilla e inerte) se pesaron y los resultados se expresaron en porcentaje; también se determinó el peso hectolitrito o volumétrico (g L^{-1}) y humedad de la semilla en un determinador de humedad por triplicado. Semilla manchada por mohos. En cinco muestras de semilla de 10 gramos se contabilizaron en número total de semillas y se separaron las semillas limpias y las colonizadas por mohos (crecimiento de micelio), ya que la semilla, correspondiente a lote (L3 y L4) se entregaron con restos de fibra adherida al pericarpio. Prueba de vigor de la semilla se hizo en charolas con arena a 25 °C, con cuatro repeticiones de 25 semillas con fecha de siembra del 23 al 29 de febrero y 18 al 26 de septiembre de 2024. El conteo consiste en las plántulas emergidas al término de la fecha. Los datos se expresan en porcentaje. Prueba de germinación estándar en cámara húmeda con 10 repeticiones por caja Petri de 10 semillas a una temperatura de 25 °C en una incubadora por siete días. Se consideró como germinación total (GT %) al porcentaje de plántulas con raíz y plúmula bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones. Prueba de viabilidad (% VS). El tetrazolio al 1 % (cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio) se utilizó para verificar la viabilidad de la semilla; se diluyó en 100 ml del buffer de fosfato (1.1 % de difosfato de potasio y 0.9 % de monofosfato sódico. Previamente se colocó un gramo de semilla en 5 ml de agua/ 24 h a temperatura ambiente, posteriormente se cortaron en mitades, 10 piezas/caja; con un total de 10 repeticiones. Las cajas se cubrieron con el solvente de tetrazolio por 24 h a temperatura ambiente; al término del tiempo se drenaron y lavaron. El indicador de la viabilidad fue la coloración roja o morado del embrión, los colores pálidos o falta de coloración indican poca viabilidad o la muerte del embrión, los resultados se expresaron en porcentaje. Así mismo, durante la prueba de germinación se tomó una muestra con bisturí para observar, cualquier desarrollo fungoso para identificar el microorganismo asociado por medio de una inspección con un microscopio óptico de luz y por medio de sus características morfológicas de los conidios, hacer la identificación. La base de las pruebas se realizó con base a los protocolos de la ISTA (2019).

Las variables de calidad de semilla se analizaron mediante un análisis de varianza bajo un diseño experimental completamente al azar, la fuente de variación fueron lotes de semilla (L=3). Los datos en porcentaje se transformaron para la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Con los datos promedio de las muestras del mes de febrero se compararon con el promedio de las muestras del mes de septiembre, por medio de la prueba t de Student. Los análisis se hicieron con el programa SAS 9.4 (2016).

Resultados y discusión

El análisis de la varianza mostró que hubo efecto significativo entre lotes para el peso volumétrico, porcentaje de material inerte y semilla manchada, así como para la viabilidad, germinación y vigor. En la comparación de medias, se observó bajo peso volumétrico de las muestras L3 (333 y 283 gr L^{-1}); mientras que las muestras L1 y L2 tuvieron mejor peso (580 y 480 gr L^{-1}); la comparación de medias entre los lotes del mes de febrero versus las de septiembre mostraron que las muestras de febrero alcanzaron mejor peso. El valor de referencia se usa es de 400 a 650 gr L^{-1}. Con respecto a la humedad de la semilla, no hubo diferencias significativas, entre lotes; la diferencia se observó al comparar el promedio de las muestras de febrero versus las de septiembre, esta diferencia fue de 2.6 % más húmedas las muestras que se recibieron en septiembre (Cuadro 1). La decisión de cosechar está estrechamente relacionada con la madurez física y fisiológica del cultivo durante la próxima estación seca y calurosa. Inmediatamente después de la cosecha, la semilla de algodón debe secarse por debajo del 12 % para evitar daños físicos en la cubierta de la semilla durante el desmotado. Además, la semilla de algodón debe secarse hasta alcanzar el 8% de humedad mediante un método de secado rápido y eficiente (Rehman *et al*., 2020). Cuando se trata de semilla, pureza de referencia es 98 %, en esta evaluación solo la muestra del L3 (98.8 %) cumplió con este valor; incluso en promedio las muestras del mes de febrero tuvieron 10 % de material inerte.

Cuadro 1. Comparación entre lotes de semilla, parámetros de la calidad física.

Variable	Lote				LF	LS	Diferencia
	L1	L2	L3	L4			
Peso volumétrico (gr L^{-1})	580 a	480 a	333 b	283 b	530	308	222 A
Humedad (%)	12.8 ab	13 a	15.3 a	15.7 a	12.9	15.5	-2.6 A
Pureza (%)	92.7 a	87.2 a	98.8 a	97.0 a	89.9	97.9	-7.9 A
Inerte (%)	7.3 b	12.8 a	1.2 c	3.0 c	10.0	2.1	7.9 A

Columnas con la misma letra minúscula iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). LF: Lotes de semilla del mes de febrero y FS: Lotes de semilla del mes de septiembre. Columnas con la letra mayúscula igual, no son estadísticamente diferentes t de Student (≤ 0.05)

Los cuatro lotes presentaron un porcentaje alto de semilla manchada (Cuadro 2), el daño que se observó fue el crecimiento de micelio blanquecino, en la superficie de la semilla (Figura1A), que normalmente puede asociarse, a las condiciones de almacenamiento pos cosecha (Rehman *et al*., 2020). Incluso el porcentaje de daño fue casi el doble en las muestras del mes de febrero. Los resultados de la viabilidad mostraron valores entre 72 a 90 %; es decir la mayor parte de la semilla está viva (Cuadro 2). No hay un parámetro de referencia para esta variable, ya que la semilla viva, puede generar plántulas normales y anormales; así mismo la semilla puede estar viva, pero debido a las condiciones específicas durante la emergencia en campo, el establecimiento puede ser heterogéneo como consecuencia de un bajo vigor.

Cuadro 2. Comparación entre lotes de semilla, parámetros de la calidad sanitaria y fisiológica.

Variable	Lote				LF	LS	Diferencia
	L1	L2	L3	L4			
Semilla manchada (%)	27.8 b	36.9 a	19.6 c	15.6 d	32.3	17.6	14.8 A
Viabilidad (%)	80 b	90 a	85 b	72 b	85	78.5	6.5 A
Germinación (%)	10 c	88 a	18 b	7 c	49	12.5	36.5 A
Vigor	76.5 a	80 a	80 a	58 b	78.3	69	9.25 A

Columnas con la misma letra minúscula iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05). LF: Lotes de semilla del mes de febrero y FS: Lotes de semilla del mes de septiembre. Columnas con la letra mayúscula igual, no son estadísticamente diferentes t de Student (≤ 0.05)

En esta evaluación la germinación estándar en cajas Petri, mostraron resultados pobres, contrario a lo esperado, debido que la mayor parte de la semilla está viva; con un promedio 82 % de viabilidad. Estos datos pueden ser atribuidos al porcentaje de semilla manchada, ocasionada por la colonización de hongos en el pericarpio de la semilla; que al estar expuesta durante la prueba de germinación en cajas Petri en la cámara de germinación a 25 ºC, promovió el desarrollo de los hongos que inhibieron completamente la germinación, en el L1, el principal contaminante fue *Aspergillus niger*, patógeno asociado al deterioro de la semilla en almacén. Al observar los resultados de la prueba de germinación estándar se procedió a realizar la prueba de vigor en arena para confirmar los resultados (Cuadro 2), debido las condiciones de la prueba de germinación la temperatura incrementó la humedad por evaporación del agua del papel filtro; lo cual indujo el desarrollo de hongos, que previamente colonizaron la semilla como se observó por el porcentaje de semilla manchada (Cuadro 2). No se tienen reportes previos sobre la calidad de la semilla, de algodón, los estudios previos se centran en su manejo agronómico y en la conservación de los recursos genéticos.

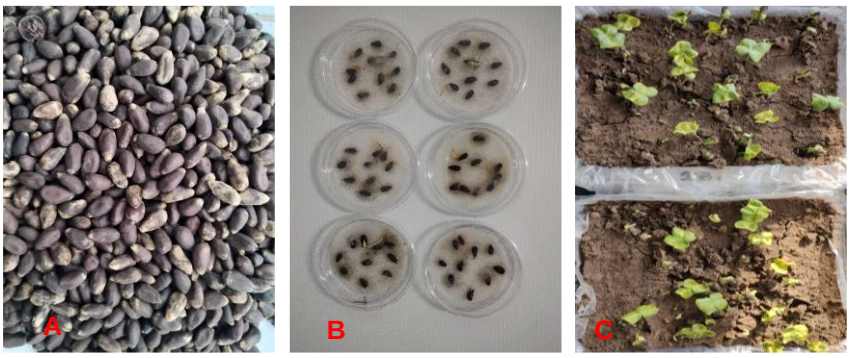


Figura 1. Semilla de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). Micelio colonizando el pericarpio (A). Germinación estándar en cámara de germinación, colonización de la semilla por *A. niger*. Prueba de vigor en arena (C).

Conclusiones

La condición de la muestra en términos de la tecnología de semillas, constituye la materia prima es decir que aún no tiene acondicionamiento, sin cribado ni limpieza. Un aspecto importante que puede influir en la calidad de la semilla es eliminar la fibra del pericarpio; para evitar el daño en pos cosecha, por fallas durante el secado, que eviten la colonización por hongos.

Agradecimiento y fuente financiadora

Este trabajo es parte de los análisis que se realizan como parte de las actividades de laboratorio de Suelo, Agua y Planta del CERIB-CIRNE, con recursos propios del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Bonilla, B. O., Hernández, Leal, E., Verastegui, Chávez, J., Maltos, B. J., Bautista, R. E., Hernández-B. A. y Isridro, R. M.L. 2020. Productividad y calidad de fibra de variedades convencionales de algodón en la Comarca Lagunera, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 43(1): 3-9.

ISTA [International Seed Testing Association]. 2019. International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland: Seed Science & Technology. ISBN: 3906549275 https://doi.org/10.15258/istarules.2019.F

Orona, C. I., Vázquez, V. C., Sangerman, J. DM., Espinoza. A. J. y González, M. A. 2024. Situación de la producción algodonera en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 15 (7). https://doi.org/10.29312/remexca.v15i7.3482.

Rehman, A., Kamran, M. and Afzal, I. 2020. Production and processing of quality cotton seed. In book: Cotton Production and Uses (pp.547-570) Publisher: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2_27.

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2024. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México.

POTENCIAL GERMINATIVO DEL ZACATE CAÑITA (*S. bicolor* (L.) MOENCH SUBSP. *DRUMMONDII*)] MALEZA DEL NORTE DE TAMAULIPAS

Ma. Eugenia Cisneros-López[1]*, Martín Espinosa-Ramírez[1], Miguel Ángel Valdez-Hernandez[1]

[1]Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Carretera Matamoros-Reynosa km 61. CP. 88900. Cd. Río Bravo, Tamaulipas.
*Autor para correspondencia: cisneros.maria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Semilla, sorgo, viabilidad.

Introducción

Las especies silvestres con un alto grado de parentesco a los cultivos domésticos, pueden ser malezas de importancia agrícola; tales como zacate cañita (*Sorghum bicolor* (L.) Moench subsp. *drummondii*)]; especie estrechamente emparentada con el sorgo de grano [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], esta especie es muy competitiva con características agronómicas indeseables, como dehiscencia de la panoja, latencia de la semilla, inclusive el grano no es comestible, debido a que no se pueden cosechar; porque el desgrane ocurre antes de la madurez del cultivo (Kanatas *et al*., 2021). Una de las estrategias, del éxito como maleza es la existencia de una población de semillas con diferentes grados y etapas de latencia, lo cual permite que su período de competencia se mantenga constante, año tras año, además es la principal razón de la infestación de las malezas durante un período específico. El número de plantas de malezas establecidas está relacionado con la porción del banco de semillas que ha emergido de la latencia (Podrug *et al*., 2014). La identificación del grado de latencia es importante cuando se estudian las herramientas de control de malezas post emergentes en experimentos de laboratorio e invernadero, donde la germinación de las semillas de malezas y el establecimiento de plántulas son necesarios (Mohammadi *et al*., 2013). Existe una gama amplia de métodos para romper la latencia de la semilla en pastos, tales como el nitrato de potasio (KNO3), la escarificación física o química con ácido sulfúrico (Haider *et al*., 2011). Es importante considerar que algunas técnicas pueden afectar la integridad del embrión; en consecuencia, afectar germinación de la semilla

Objetivo

Determinar el potencial germinativo del zacate cañita con base en la condición física, morfológica y fisiológica de la semilla.

Materiales y métodos

Procedencia de la semilla. Las 20 panojas del zacate cañita se colectaron el 20 de mayo de 2024, en el predio localizado entre la brecha 109 y 12 Norte en Río Bravo, Tamaulipas (25.99° N, 97.94° W). Las panojas se secaron al sol hasta que alcanzó el 12 % de humedad el grano, después se desgranaron y se pesó el grano por panoja (PSP). Las muestras individuales se tomaron para formar una muestra compuesta, la cual se homogeneizó en un divisor mecánico. El análisis físico a la semilla se realizó por triplicado en 100 gramos, para determinar el grado de pureza (% SP) y el peso de 1000 semillas (P1000S), número de semillas por gramo (NSG) y número de semillas por panoja (NSP=PGP x NSG); posteriormente se tomaron en 20 semillas al azar para siguientes variables cuantitativas: largo, ancho y grosor (mm); variables cualitativas: tipo de gluma y arista. Pretratamiento para romper latencia. La aplicación de nitrato de potasio, se realizó colocando las semillas en 10 mililitros con la solución de KNO3: 0, 10, 2, 4, y 6 g L^{-1} con tiempo de remojo: 5 y 10 min. La concentración 0 % de nitrato de potasio fue solo en agua destilada. La prueba de germinación se realizó después de secar la semilla a temperatura ambiente; por una hora, después se procedió a sembrar 20 semillas por caja Petri; sobre papel filtro Whatman No. 1, con cinco repeticiones. Las muestras se colocaron a temperatura ambiente en el laboratorio (25 °C). La germinación se registró a los 15 días después de la siembra. El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar con cinco repeticiones. El indicador de la germinación fue la aparición de la radícula. Prueba de viabilidad (% VS). El tetrazolio al 1 % (cloruro de 2, 3, 5 trifenil tetrazolio) se utilizó para verificar la viabilidad de la semilla; se diluyó en 100 ml del buffer de fosfato (1.1 % de difosfato de potasio y 0.9 % de monofosfato sódico. Previamente se colocó un gramo de semilla en 5 ml de agua/ 24 h a temperatura ambiente, posteriormente se cortaron en mitades, 10 piezas/caja; con un total de 10 repeticiones. Las cajas se cubrieron con la solvente de tetrazolio por 24 h a temperatura ambiente; al término del tiempo se drenaron

y lavaron (Espitia *et al*., 2017). El indicador de la viabilidad fue la coloración roja o morado del embrión, los colores pálidos o falta de coloración indican poca viabilidad o la muerte del embrión, los resultados se expresaron en porcentaje. Las variables cualitativas y cuantitativas de la semilla se presentaron con la media aritmética y su desviación estándar. El análisis de varianza se realizó con un modelo completamente al azar, en arreglo factorial, dosis de KNO3 (D=5) y tiempo de inmersión (T=2), para el porcentaje de germinación total. La prueba de medias fue con Tukey del programa estadístico SAS 4.6.

Resultados y discusión

La pureza física de la semilla fue de 98 %, el resto fue material inerte (restos de la panoja), mientras que el peso del grano seco por panoja fue de 34.2±12.5 gramos y el número de semillas por panoja de 2633.4±960.4; así mismo el grano seco fue completamente dehiscente de las ramillas de la panoja. El peso de P1000S fue de 13.2±1.2 gramos; en promedio hay 77±7.4 semillas por gramo. La longitud, ancho y grosor de la semilla fue de 4.6±0.8 mm; 3.1±0.5 mm y 1.36±0.5 mm. La gluma es de color guinda intenso larga cubre completamente el pericarpio, fuertemente adherida; además cubierta con abundantes tricomas largos y una arista dehiscente muy larga (9.1±0.5 mm), casi del doble que la semilla (Figura 1B). Estas características morfológicas y físicas de la semilla le permiten fácilmente confundirse con la semilla de sorgo granífero (Kanatas *et al*., 2021); además facilitan su dispersión adherida a los animales y equipo agrícola.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de la varianza.

Fuente de variación	g.l	GS (%)
Dosis [KNO3 (g L^{-1})]	4	7.0 ns
Tiempo (minutos)	1	24.5 ns
D x T	4	37.0 ns
Error	40	20.5
Total	49	
C.V.	24	

Coeficiente de variación (C.V.); g.l: grados libertad; GS: Germinación de la semilla y ns: No significativo estadísticamente.

Los resultados de la prueba de viabilidad mostraron que no hubo efecto del tratamiento con nitrato de potación; así mismo no hubo efecto del tiempo de inmersión, ni de la interacción dosis por tiempo para romper la latencia (Cuadro 1); en promedio la germinación de la semilla fue del 5 % (Cuadro 2). Haider *et al*. (2011) reportan, que el efecto del nitrato de potasio fue menor en comparación con el ácido sulfúrico para romper la latencia en la semilla de *Rhynchosia capitata*, maleza de hoja angosta. La confirmación del resultado se dio por medio de la prueba de viabilidad (Figura 1C), cuyo resultado alcanzó el 10 %, un valor que se considera bajo; es decir la mayor parte de la semilla estuvo muerta (Figura 1D).

Cuadro 2. Tratamientos para romper la latencia de la semilla, zacate cañita. Datos promedio.

Dosis [KNO3 (g L^{-1})]	0	1.0	2.0	4.0	6.0	Media
Germinación (%)	5.5 a	4.5 a	6.5 a	5.5 a	4.5 a	5.3
Tiempo (minutos)	5	10				
Germinación (%)	4.6 a	6.0 a				

Columnas con la misma letra iguales, no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

En base a los resultados de la pureza física de la semilla (98 %), número promedio de semillas por panoja (2633); así como la condición fisiológica del 5 % de germinación (Cuadro 2), teóricamente esta maleza tendría un potencial de producir 132 nuevas plántulas en la siguiente generación; por cada panoja de una planta. Kanatas *et al*. (2021) indican que esta maleza tiene atributos similares al cultivo de sorgo, en los resultados de esta evaluación se observó similitud en la morfología de plántula (Figura 1E y F). Las malezas, como los pastos el grado de amacollamiento es variable. En el caso del zacate cañita, forma un tallo primario (Figura 1A), pero puede formar ramas laterales en las yemas de los nudos; posteriormente desarrolla otra panoja secundaria, con posibilidades de formar más semilla.



Figura 1. Zacate cañita (*S. bicolor* (L.) Moench subsp. *drummondii*)] maleza del norte de Tamaulipas. Invasiva del cultivo de sorgo, con panojas largas, tallos delgados que sobrepasa en altura al cultivo (A). Semilla con gluma larga de color oscuro, con abundantes tricomas y arista larga (C), en la parte inferior se observa la cariópside sin gluma (C). Prueba de viabilidad con los diferentes grados de tinción de los tejidos internos, incluso se observó, que hay semillas con pericarpio, pero no se desarrolló el endospermo. La plántula de esta maleza (E) fueron similares a la de sorgo (F), sin tinción morada en el coleóptilo.

Conclusiones

La semilla de la maleza cañita tuvo muy baja germinación, por causa de la mortalidad por fallas en la viabilidad. Considerando la proporción de semilla pura y la cantidad total de semilla por panoja, se puede decir que esta maleza tiene un potencial importante para generar una nueva población para en el siguiente ciclo agrícola. En caso de realizarse bioensayos con esta especie, es necesario, en primer lugar, realizar una prueba de germinación y viabilidad; si los porcentajes son bajos, considerar hacer el bioensayo por gramos de semilla/maceta, para asegurar la población; debido a las fallas germinativas. En esta evaluación 16 de las 50 cajas tuvieron ausencia completa de germinación, por la mortalidad de la semilla.

Agradecimientos y fuente financiadora

Proyecto 12555536716: Alternativas al uso del glifosato para el control de maleza en México 2024.

Referencias bibliográficas

Espitia, M., Cardona, C. y Aramendiz, H. 2017. Morfología y viabilidad de semillas de *Bombacopsis quitana* y *Anacardium excelsum*. Cultivos Tropicales. 38(4):23-29.

Haider, A., Tanveer, A., Ather, M. N. and Hafiz, N. A. 2011. Methods to break seed dormancy of *Rhynchosia capitata*, a summer annual weed. Chilean Journal of Agricultural Research. 71(3): 483-487.

Kanatas, P., Gazoulis, I., Zannopoulos, S., Tataridas, A., Tsekoura, A., Antonopoulos, N. and Travlos, I. 2021. Shattercane (*Sorghum bicolor* (L.) Moench Subsp. *Drummondii*) and Weedy Sunflower (*Helianthus annuus* L.)—crop wild relatives (cwrs) as weeds in agriculture. Diversity. 13, 463.

Mohammadi, G., Noroozi, N. and Nosratti, I. 2013. An evaluation of Johnson grass (*Sorghum halepense* L.) seed hardness removing methods. Journal of Agrobiology, 30:(2): 83-88.

Podrug, A., Gadžo, D., Muminović, Š., Grahić, J., Srebrović, E. and Đikić, M. 2014. Dormancy and germination of Johnsongrass seed (*Sorghum halepense* (L.) Pers.). Herbologia, 14 (2): 1-10.

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA SUSCEPTIBILIDAD A INSECTICIDAS EN *Diaphorina citri* BAJO DOS ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN

Saúl Pardo-Melgarejo*[1], J Concepción Rodríguez-Maciel[2], Samuel Pineda-Guillermo[3], Filemón Morales-Hernánez[4], Mario Alberto Miranda-Salcedo[1]

[1]Campo Experimental Valle de Apatzingán-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC; [2]Postgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mexico; [3]Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Tarímbaro, Michoacán, Mexico; [4]Departamento de Investigación y Desarrollo, Dragón – Gift Agro, Parque Industrial Lerma, Lerma de Villada, Lerma, Estado de México, Mexico.
*Autor para correspondencia: pardo.saul@inifap.gob.mx

Palabras clave: Compuesto químico, plaga, vector.

Introducción

México ocupa el quinto lugar en la producción de cítricos a nivel mundial con 570 000 hectáreas establecidas de distintas especies (naranja, toronja, mandarina, limón mexicano) (SIAP 2025). La citricultura nacional se encuentra amenazada por *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), insecto vector que provoca dos tipos de daños; directo e indirecto. El daño directo más importante lo causa el insecto al alimentarse de la savia de los brotes tiernos, lo que inhibe la brotación vegetativa, disminuye la capacidad fotosintética y como consecuencia disminuye la producción. El daño indirecto más importante está relacionado con el tipo de aparato bucal chupador con el que se alimenta el psilido, introduce su estilete a un brote tierno de una planta enferma, adquiere el patógeno, Candidatus *liberibacter* Asiaticus, la cual se asocia con la enfermedad del HLB de los cítricos, o mejor conocida como dragón amarillo. Los árboles enfermos no viven más de ocho años y disminuye su producción hasta 60% (Flores-Sánchez *et al.* 2015). Por parte de México, existe una legislación fitosanitaria establecida para realizar el control del vector a través de la campaña fitosanitaria llamada plagas reglamentadas de cítricos que, dentro de sus directrices más importantes tiene el control mecánico, cultural, biológico, y control químico, principalmente. Sin embargo, el control químico se mantiene como la estrategia general para controlar al vector y no solamente por parte de las autoridades, sino también por parte de los productores en general que realizan hasta 15 aplicaciones al año de insecticidas de diferente modo de acción (Pardo 2022). El uso desmedido de estos compuestos, realizar aplicaciones cuando no se necesita, induce al insecto al desarrollo de resistencia, y esto se traduce generación tras generación (Pardo 2022). Al respecto, en México y el mundo se han desarrollado investigaciones bajo condiciones de laboratorio para determinar los niveles de resistencia a insecticidas tales como organofosforados, carbamatos, piretroides y spinosinas, entre otros. (Pardo 2022). Para realizar la determinación de la resistencia de *D. citri* se requiere de poblaciones de referencia para hacer la comparación con las poblaciones obtenidas de campo que estén bajo presión de selección de compuestos químicos. Dichas poblaciones de referencia deben haber estado expuestas de aplicaciones de insecticidas por al menos 10 generaciones. Sin embargo, existen diferentes metodologías desarrolladas bajo condiciones de laboratorio que indican que la respuesta del insecto al tóxico está relacionada directamente con el método de exposición del insecto al insecticida. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue comparar dos escenarios de exposición para determinar la susceptibilidad de *Diaphorina citri* a los insecticidas malatión y clorpirifos.

Materiales y métodos

Los insectos para realizar los bioensayos del primer escenario de exposición se colectaronsobre su hospedero principal, *Murraya paniculata* (L.) Jack sin exposición a insecticidas durante 15 años. Se colectaron individuos de la parte media de cada ceto con la ayuda de un aspirador. Los insectos se transportaron al laboratorio de Toxicología Agricola del Colegio de Postgraduados, donde fueron reproducidos bajo condiciones de invernadero: 16-30 ºC y 60% humedad relativa (HR) bajo un fotoperiodo12:12 h (L:O). Para los bioensayos se utilizaron adultos (2-5 d edad, sin sexar) y ninfas de cuarto instar de la F_1. Los insectos utilizados para los bioensayos del segundo método de exposición fueron obtenidos de la cría de reproducción de *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae) del Centro Nacional de Referencia de Control Biológico, los cuales nunca fueron expuestos a ningún insecticida. Los

insecticidas utilizados fueron: Malphos® (1000 g de ingrediente activo [i.a.] /L-1, malatión, concentración emulsionable; Agrícola Innovación, S. A. de C. V., México) y clorpirifos, 480 g de i.a. L-1, suspensión concentrada; Dow Agrosciences, México). El primer escenario de exposición fue con el método por inmersión de un disco de hoja de Limón mexicano. Se utilizaron hojas jóvenes de *Citrus macrophylla* Wester para formar discos (4 cm diámetro). Referente al segundo escenario de exposición se utilizó el método por inmersión de un brote tierno de tres a cuatro hojas, que consistió en lo siguiente. Un brote de esta planta se colocó en un cilindro de plástico (10 cm altura) abierto en sus dos extremos y el extremo superior se cubrió con tela de organza. Para ambos casos (brotes y discos de hojas) los foliolos se sumergieron durante 10 s en 50 mL malatión (0.010, 0.021, 0.046, 0.055, 0.069, 0.075, 0.080, 0.10 mg L^{-1}), clorpirifos (0.00010, 0.00021, 0.000438, 0.00045, 0.00052, 0.00062, 0.00075, 0.00085 mg L^{-1}) y malatión (0.010, 0.025, 0.050, 0.10, 1, 5, 10 mg L^{-1}), clorpirifos (0.025, 0.050, 0.10, 0.50, 1, 5, 10 mg L^{-1}). Se realizó una ventana biológica para buscar la mortalidad entre 1 y 100%. Cada bioensayo contó con un testigo que contenía solamente agua. Con un aspirador bucal se introdujeron 15 adultos de *D. citri* anesteciados previamente con CO_2, para el caso de las ninfas, con la ayuda de un pincel de cerdas finas, 15 ninfas. La mortalidad se registró cada 24 h y fue considerado muerto al adulto que, al insistir con un pincel de cerdas finas, no fue capaz de moverse, y para el caso de las ninfas también se consideró muerta la ninfa que no fue capaz de moverse al insistir con un pincel de cerdas finas. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis con la herramienta probit con el páquete estadistico SAS versión 9, y se obtuvieron las concentraciones letales 50 (CL_{50}) y concentraciones letales 95 (CL_{95}) con sus limites fiduciales (LF).

Resultados y discusión

Los resultados de la susceptibilidad de *D. citri* comparando los dos escenarios se muestran en el Cuadro 1. La respuesta de la susceptibilidad de los insecticidas con los que se ensayaron los insectos que se sometieron al escenario de inmersión de la hoja, relacionado al insecticida malatión fue: CL_{50} 0.05 (0.050-0.056), y consecuentemente su CL_{95} de 0.09 (0.085-0.107). Con respecto a las ninfas de cuarto instar, estas obtuvieron una CL_{50} de 0.05 (0.055-0.061) y una CL_{95} 0.11 (0.104-0.136). El insecticida clorpirifos, referente a los adultos, estos obtuvieron una CL_{50} de 0.72 (0.703-0.751), y su CL_{95} fue de 1.00 (0.096-1.05). Para ese mismo insecticida las ninfas obtuvieron una CL_{50} 0.72 (0.697-0.742) y la CL_{95} fue de 1.00 (0.96-1.05). Respecto al escenario de exposición del brote tierno en el cilindro de plástico, los adultos expuestos al insecticida malatión obtuvieron una CL_{50} de 0.33 (0.016-0.71), y para el caso de la CL_{95} fue de 26.33 (8.14-187.64), y para el caso de las ninfas, CL_{50} 0.28 (0.11-0.67) y la CL_{95} 87.02 (25.91-129.0). Respecto al insecticida clorpirifos los adultos obtuvieron una CL_{50} de 0.04 (0.04-0.09), mientras que la CL_{95} fue de 0.89 (0.30-9.04). Para el caso de las ninfas CL_{50} 0.08 (0.01-0.29) y la CL_{95} fue de 3.19 (1.08-4.53).

Cuadro 1. Mortalidad de adultos [a] y ninfas [b] de *D. citri* expuestos a dos insecticidas con dos escenarios diferentes

T. de e. de exposición	Insecticida	Pendiente ± EE	CL_{50} (95% LC)[1]	CL_{95} (95% LC)[1]	χ^2	gl
Inmersión de la hoja	Malatión[a]	6.84±0.80	0.05 (0.050-0.056)	0.09 (0.085-0.107)	0.54	5
	Clorpirifos[a]	5.46±0.55	0.72 (0.703-0.751)	1.02 (0.977-1.104)	0.61	5
	Malatión [b]	5.51±0.47	0.05 (0.055-0.061)	0.11 (0.104-0.136)	0.48	5
	Clorpirifos[b]	5.83±0.49	0.72 (0.697-0.742)	1.00 (0.963-1.056)	0.72	5
Brote tierno en cilindro de plástico	Malatión[a]	0.67±0.07	0.33 (0.16-0.71)	26.33 (8.14-187.64)	6	5
	Clorpirifos[a]	0.11±0.13	0.04 (0.01-0.09)	0.89 (0.30-9.04)	3.4	5
	Malatión [b]	0.54±0.07	0.28 (0.11-0.67)	87.02 (25.91-129.0)	6	5
	Clorpirifos[b]	0.58±0.03	0.08 (0.01-0.29)	3.19 (1.08-4.53)	14	5

Los resultados evidencian diferencias notables en la susceptibilidad de *Diaphorina citri* a los insecticidas malatión y clorpirifos según el método de exposición empleado. En el ensayo de inmersión de hoja, tanto adultos como ninfas mostraron valores de CL_{50} y CL_{95} más bajos y consistentes, lo que indica una mayor efectividad del insecticida bajo estas condiciones. Esto coincide con lo reportado por Qureshi *et al*. (2014), quienes encontraron alta sensibilidad de *D. citri* cuando el contacto con el insecticida fue directo. Por otro lado, en el escenario de exposición donde se utiliza el brote tierno, los valores de CL_{95} fueron considerablemente mayores, especialmente para malatión, sugiriendo una menor susceptibilidad,

posiblemente debido a diferencias en la absorción o comportamiento de los insectos, como han señalado Hall *et al*. (2013). Asimismo, Stansly *et al*. (2010), resaltan que el método de evaluación puede influir significativamente en la detección de resistencia, lo que subraya la importancia de elegir un protocolo adecuado para obtener resultados representativos.

Conclusiones

Los resultados muestran que el método utilizado para exponer a *Diaphorina citri* a los insecticidas tiene un impacto importante en los niveles de susceptibilidad observados. En general, la técnica de inmersión de hoja permitió obtener respuestas más consistentes y valores más bajos de CL_{50} y CL_{95}, lo que indica una mayor efectividad del insecticida bajo esas condiciones. En contraste, al usar brotes tiernos en el cilindro de plástico, se detectó una menor susceptibilidad, sobre todo con malatión, lo cual podría deberse a diferencias en el comportamiento del insecto o en la forma en que el producto se absorbe. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar correctamente el método de bioensayo para obtener resultados confiables, especialmente cuando se busca evaluar resistencia en laboratorio y tomar decisiones en programas de manejo de plagas.

Agradecimientos

El autor principal de este escrito agradece a los productores por permitirle ingresar a sus cultivos para colectar material biológico para realizar el estudio. Se agradece al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por prestar sus instalaciones para realizar este estudio. Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias por permitirle al autor principal realizar sus estudios de postgrado.

Fuente financiadora

El autor principal de esta investigación recibió una beca para realizar sus estudios de doctorado, por parte del SECIHTI.

Referencias bibliográficas

Flores-Sánchez, J. L., Mora-Aguilera, G., Loeza-Kuk, E., López-Arroyo, J. I., Domínguez-Monge, S., Acevedo-Sánchez, G. y Robles-García, P. 2015. Pérdidas en Producción inducidas por Candidatus *Liberibacter* asiaticus en Limón Persa, en Yucatán México. *Revista mexicana de fitopatología*. *33:* 195-210. pp.

Hall, D. G., Richardson, M. L. y Ammar, E. D. 2013. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus huanglongbing disease. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 146: 207–223.

Pardo-Melgarejo, S., Rodríguez-Maciel, J. C., Pineda-Guillermo, S., Morales-Hernández, F., Lagunes-Tejeda, Á., Guzmán-Franco, A. W. y Silva-Aguayo, G. 2022. Susceptibility of a Mexican Field-Collected Wild Population of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) to Selected Insecticides. *Journal of Entomological Science*. 57: 281-287.

Qureshi, J. A., Stansly, P. A. y Setamou, M. 2014. Susceptibility of Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*) populations to insecticides in Florida. Pest Management Science. 70: 1686-1691.

SIAP [Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera]. 2025. Avances de Siembras y Cosechas. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/. (Consultado el 25 de abril de 2025).

Agave lechuguilla Y *Flourensia cernua* Y SU ACTIVIDAD ALELOPÁTICA DE EN LA INHIBICIÓN DE SEMILLAS DE *Zea mays* Y *Phaseolus vulgaris*

Francisco Castillo-Reyes[1*], David Castillo-Quiroz[1], Raymundo Cuevas-González[2], y Adriana Antonio-Bautista[2]

[1]Campo Experimental Saltillo, INIFAP. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 No. 9515, Hacienda de Buenavista. C. P. 25315. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. [2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. C. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, C.P. 25315. Coahuila de Zaragoza, México.
*Autor para correspondencia: reyes.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Agricultura orgánica, maleza, extractos vegetales, compuestos alelopáticos.

Introducción

Las arvenses y su control son todo un reto para los agricultores, para lograr una baja densidad poblacional y evitar la resistencia a los herbicidas comerciales de síntesis química. Ante cualquier adversidad la naturaleza es la principal fuente de soluciones donde se permite encontrar ciertos pesticidas orgánicos, provenientes del metabolismo secundarios que se producen en las mismas plantas. Es factible encontrar metabolitos secundarios con un efecto alelopático que interviene directamente con actividad fitotóxica, lo que se puede convertir en una alternativa para el control de arvenses, es decir utilizar estos compuestos para la elaboración de herbicidas orgánicos.

Las plantas del semidesierto poseen un sinnúmero de metabolitos secundarios debido a que están expuestas a condiciones extremas, tanto *Flourensia cernua* DC. como *Agave lechuguilla* Torr. (Morreeuw *et al*., 2021a) poseen gran cantidad de compuestos que pueden ser de utilidad agrícola (Díaz *et al.,* 2019; Peña *et al.,* 2020). El guishe es un subproducto (que queda al extraer las fibras del cual solo se aprovecha un 15% del peso total del cogollo) cercano al 85% que no tiene forma de ser aprovechado, normalmente es quemado o tirado a cielo abierto con efectos negativos, recientemente se han hecho estudios que demuestran que el guishe de lechuguilla contiene ciertas moléculas que pueden ser de utilidad nutricional, farmacéutica o agrícola (Díaz *et al.,* 2019; Peña *et al.,* 2020). Estudios recientes de análisis químicos de *A. lechuguilla* indican la presencia de saponinas como: diosgenina, esmilagenina, hecogenina, manogenina, tigogenina hexosa, yucagenina, clorogenina, diglucósido de diosgenina y flavonoles como: quercitina y kampferol (Morreeuw *et al*., 2021a; Peña *et al.,* 2020). Así mismo la planta de hojasén, de nombre científico *Flourensia cernua* DC planta arbustiva, endémica de las zonas semiáridas de México y el sur de Estados Unidos de América con variados usos como planta medicinal, entre otras que han demostrado tener propiedades antifúngicas, bactericidas y antioxidantes (Álvarez *et al.,* 2020), tales como el flavonoide ermanina y la γ-lactonas y otros como el ácido dehidrofluorencico y el orsellinato de metilo causaron una inhibición significativa del crecimiento radicular de *Amaranthus hypochondriacus* L. y *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Estos compuestos considerados alelopáticos alteran una gran cantidad de procesos fisiológicos, como: división y diferenciación celular, traslado de iones y agua, metabolismo de fitohormonas, respiración, fotosíntesis, funciones de enzimas y traducción de expresión de genes (Zhou y Yu, 2006). En función a la importancia de las malezas en los sistemas agrícolas y ante la contaminación ambiental causada por los herbicidas sintéticos, y la finalidad de buscar una alternativa a tal situación, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el potencial herbicida de una mezcla a base de extractos de guishe de lechuguilla y hojasén sobre semillas de maíz y frijol como indicativos de los grupos modelo de las monocotiledóneas y dicotiledóneas.

Materiales y métodos

*Extracto experimental***.** La mezcla experimental a base de extractos fue proporcionada por la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila, que fueron extractos orgánicos resultado del proyecto de investigación titulado “Aprovechamiento de extractos naturales de plantas nativas del semidesierto coahuilense como una alternativa orgánica al uso de herbicidas sintéticos”, dicho extracto experimental fue elaborado a base de dos especies nativas de las zonas áridas y semiáridas del noreste de México: 1) Guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) el cual es un residuo generado después del desfibrado de esta especie y 2) Hojas de hojasén (*Flourensia cernua* D.C.).

Diseño experimental. Para evaluar la capacidad bioherbicida de la mezcla experimental en la inhibición de la germinación de las semillas de especies modelo (Maíz y frijol), se diseñó los tratamientos como una dilución a partir del extracto original a una concentración al 50%. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: [1] Testigo absoluto (agua), [2] Extracto experimental al 5%, [3] Extracto experimental al 10%, [4] Extracto experimental al 15%, [5] Extracto experimental al 20%, [6] Extracto experimental al 50% y [7] Extracto experimental al 100%. La unidad experimental consistió en cajas de Petri de 8.0 cm de diámetro, sobre la cual se colocó papel secante que sirvió como soporte para retener el extracto bajo evaluación según su concentración determinada. El diseño experimental fue completamente al azar, con 4 repeticiones por tratamiento para cada especie modelo. A cada unidad experimental se le colocó una cantidad estándar de 25 semillas según la especie modelo, posteriormente fue agregado un volumen de 10 ml del extracto a la concentración a evaluar (tratamiento). Para mantener la condición de humedad necesaria para iniciar el proceso de germinación, todas las unidades experimentales de cada tratamiento se colocaron al interior de una bolsa de polietileno y colocadas al interior de una incubadora a una temperatura de 25 ± 2°C. Se realizó un registro diario del avance de la germinación de ambas especies de semillas modelo durante un periodo de 8 días, considerando como semilla germinada aquella con la presencia de una radícula igual o mayor 2 mm de longitud. De este total de semilla germinadas se determinó porcentaje de germinación (PG y la actividad biológica del extracto como bioherbicida [Porcentaje de inhibición de la germinación (PIG)] se determinó como la relación inversa del porcentaje de germinación.
*Análisis estadístico***.** Los resultados fueron estadísticamente analizados usando un análisis de varianza (ANOVA), y las medias fueron comparadas usando la prueba de Tukey con el programa estadístico R Studio versión 2022.02.3.0. En todos los análisis un valor de probabilidad menor que 0.05 fue considerado estadísticamente significante ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas entre tratamientos (concentración) dentro de especies y entre especies para todas las variables evaluadas.
Respuesta alelopática del extracto experimental en la germinación de semillas. En la Figura 1a se muestran los efectos de las concentraciones de la mezcla del extracto experimental de *Agave lechuguilla* Torr. y *Flourensia cernua* DC. con efecto alelopático en las especies modelo de maíz y frijol. En ambas especies tomadas como modelo hay un marcado efecto de la actividad biológica del extracto, se nota claramente que la germinación está determinada por la concentración evaluada, es decir a mayor concentración aplicada mayor es la respuesta de inhibición de la germinación. Aunque la respuesta del extracto experimental con efecto alelopático para cada especie difiere, en términos generales es muy similar, es decir, que conforme aumenta la concentración la germinación también es afectada. En este sentido se observa que el testigo presenta una alta tasa de germinación con valores promedio de 98% en ambas especies tomadas como modelo y que esta respuesta va disminuyendo conforme aumenta la concentración del extracto en el medio donde germinan las semillas. Como se aprecia en la Figura 1, la respuesta de inhibición para la concentración más baja (5%) tuvo valores entre 3.37 y 20.27 (%) para frijol y maíz, respectivamente. Encontrando que el mayor efecto alelopático fue a partir de la concentración del 20% donde se observaron valores muy cercanos a la nula germinación (0.66 y 7.33%) lo que representa un porcentaje de inhibición del 92.57 y 99.33% para semillas de frijol y maíz, respectivamente. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Marín (2014) quien evaluó el efecto del extracto de guishe de lechuguilla en semillas de maíz y frijol, en el que disminuyó la germinación un 80% en semillas de maíz y un 50% en frijol, utilizando un 75% del extracto combinado con 25% de la pimienta negra **(***Piper nigrum* L.)

Conclusiones

Las diferentes variables evaluadas PG y PIG se vieron afectadas con el uso de la mezcla del extracto de *Agave lechuguilla* Torr. y *Flourensia cernua* DC. desde la concentración más baja (5%), con reducción en los valores hasta la mitad a cuando no se emplea. La concentración donde valores de germinación fue casi nula fue a partir de la concentración del 20%. Por lo tanto, se concluye que la combinación del extracto de guishe de lechuguilla y hojasén demostró tener un gran potencial en la inhibición de la germinación de tipo preemergente, no selectivo, ya que afecto de la misma manera a las semillas de plantas modelo de maíz (monocotiledóneas) y frijol (dicotiledóneas).

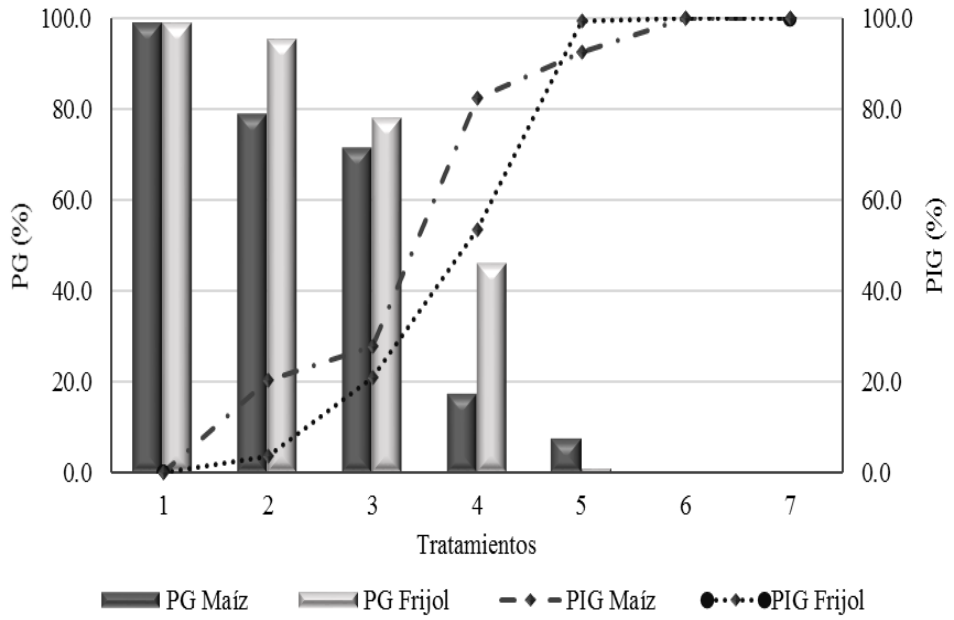


Figura 1. Porcentaje de Germinación *vs* Porcentaje de Inhibición de las semillas de maíz y frijol bajo diferentes concentraciones (0, 5, 10, 15, 20, 50 y 100%) de la mezcla del extracto de *Agave lechuguilla* Torr. y *Flourensia cernua* DC. Fuente: Elaboración propia.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento a través del Proyecto No. 315846 “Aprovechamiento de extractos naturales de plantas nativas del semidesierto coahuilense como una alternativa natural al uso de herbicidas sintéticos”.

Referencias bibliográficas

Álvarez P., O. B., Ventura, J. M., Ascacio, J. A., Rojas, R., Verma, D. K., & Aguilar, C. N. (2020). Valorization of *Flourensia cernua* DC as source of antioxidants and antifungal bioactives. *Industrial Crops and Products, 152*, 112422. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112422

Díaz J., L., Hernández, C. S., Jasso, D., & Rodríguez, R. (2019). Conceptualization of a biorefinery for guishe revalorization. Industrial Crops and Products, 138, 111441. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.004

Marín, L. F. J. (2014). Extractos Vegetales con Propiedades Alelopáticas sobre el Desarrollo en Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su Posible Uso para el Control de Malezas. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3893/K%2040036%20Mar%c3%adn%20Lara%2c%20Francisco%20Javier.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Morreeuw, P.Z., Castillo Q, D., Ríos, L.J., Martínez, R., Norma, E., Melchor M., E.M., Hafiz M. N. I., Parra, R., & Reyes, A.G. (2021ª). High Throughput Profiling of Flavonoid Abundance in *Agave lechuguilla* Residue-Valorizing under Explored Mexican Plant. *Plants, 10*(4), 695. https://doi.org/10.3390/plants1004069519

Peña, R. A., Morreeuw, P. Z., García, J., Rodríguez, M. C., Guzmán, L., Escobedo, C., Tovar, D., & Reyes, A. G. (2020). Evaluation of *Agave lechuguilla* by-product crude extract as a feed additive for juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture Research, 51(4), 1336-1345. https://doi.org/10.1111/are.14497

Zhou, Y. H. &Yu, J. Q. (2006). “Allelochemicals and photosynthesis.” In: Reigosa, M., Pedrol, N., González, L. (eds) Allelopathy. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-4280-9_6

RELACIÓN ENTRE LA BIOMASA DE MALEZAS Y LA DIVERSIDAD DE ENEMIGOS NATURALES EN HUERTAS DE CÍTRICOS ORGÁNICOS

Ana Aurora Fontes Puebla[1]*, Luis Fernando Valdez Ojeda[2], Ana Carolina Thomson Martínez[2], Cristian Tadeo Nuñez Perea[2], José Luis López Salazar[2].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, C.E. Costa de Hermosillo, Sonora. [2]Fundación Pro Investigación Agrícola del Estado de Sonora.
*Autor para correspondencia: fontes.ana@inifap.gob.mx

Palabras clave: Enemigos naturales, abundancia, riqueza de especies.

Introducción

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un concepto que se ha ido desarrollando durante varias décadas y es un tema de vital importancia en la agricultura actualmente (Barzman *et al*., 2015; Dara, 2019). Para desarrollar planes de MIP que se ajusten a las necesidades de cada región, es necesario realizar ensayos que permitan comprender las interacciones ecológicas que tienen lugar en nuestros agroecosistemas. Asimismo, lograr un aprovechamiento de la diversidad que se tiene de manera natural e integrarlo al resto de estrategias de control de plagas.

En este ensayo, se buscó la relación entre la biomasa y riqueza de la maleza presente en la huerta con respecto a la abundancia (Ab) y riqueza de especies (RE) enemigos naturales (EN) de las principales plagas de los cítricos. Para ello, se planteó (1) describir la diversidad de artrópodos en huertas de cítricos orgánicos con distinto manejo de maleza, (2) determinar si existe una correlación entre la abundancia y riqueza de EN con respecto a la cantidad de maleza presente y (3) documentar información de utilidad para mejorar las estrategias de control de plagas y malezas en las huertas de cítricos orgánicos de la Costa de Hermosillo.

Materiales y métodos

Se eligieron dos huertas con diferentes prácticas de manejo de maleza (Huerta 1: severo; Huerta 2: moderado) y se delimitó un bloque con 10 puntos aleatorios en cada huerta (1 punto = 1 árbol). Posteriormente, a una distancia de 1 m del dosel, se colectaron artrópodos utilizando red entomológica y malezas por remoción manual. En el laboratorio, se clasificaron las muestras de artrópodos y conservaron en EtOH 70%. Las muestras de malezas se secaron para obtener la biomasa por peso seco. Con los datos se estimó la Ab (# individuos) y RE (# especies) de EN y se correlacionaron con la biomasa (kg) y riqueza de especies de la maleza usando el programa R ($\alpha \leq 0.10$) (R Core Team, 2024).

Resultados y discusión

Con el fin de obtener la Ab y RE de EN, el total de individuos colectados se clasificó en tres grupos principales: artropofauna general (AG), EN y hormigas (H) (grupo separado debido a la complejidad de sus relaciones con algunas plagas). El número de individuos, tanto para Ab como RE se puede observar en la Figura 1A. Se realizó una identificación tentativa de las familias, pero al momento se ignora si todas las especies encontradas son enemigos naturales potenciales de las principales plagas presentes en la Costa de Hermosillo (e.g. *Diaphorina citri*, escamas, thrips, etc.). Sin embargo, varias especies pertenecen a familias de importancia para control biológico y se buscará identificarlas en el futuro (Figura 1B).

En la correlación entre la Ab y RE de EN y la biomasa de malezas (Figura 2) se observó que la biomasa de malezas en la Huerta 1 fue, en su mayoría, menor que la biomasa de malezas en la Huerta 2. De igual manera, los valores de Ab y RE de EN fueron menores para la Huerta 1 en general. En ambos casos existe una correlación significativa entre la biomasa de malezas y los EN (Huerta 1: Ab, R = 0.74, p = 0.015; RE, R = 0.69, p = 0.027) (Huerta 2: Ab, R = 0.73, p = 0.017; RE, R = 0.68, p = 0.032). De igual manera, se evaluó la correlación entre la Ab y RE de EN con la riqueza de especies de maleza sin encontrarse una correlación significativa (Huerta 1: Ab, R = 0.49, p = 0.15; RE, R = 0.47, p = 0.17) (Huerta 2: Ab, R = -0.18, p = 0.62; RE, R = -0.019, p = 0.96).

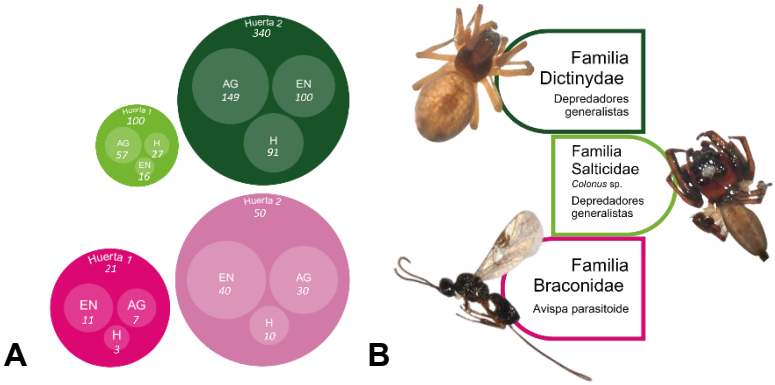


Figura 1. A. Abundancia y riqueza de especies. El tamaño de los círculos representa la proporción de individuos colectados en cada huerta. B. Ejemplos de algunos individuos capturados.

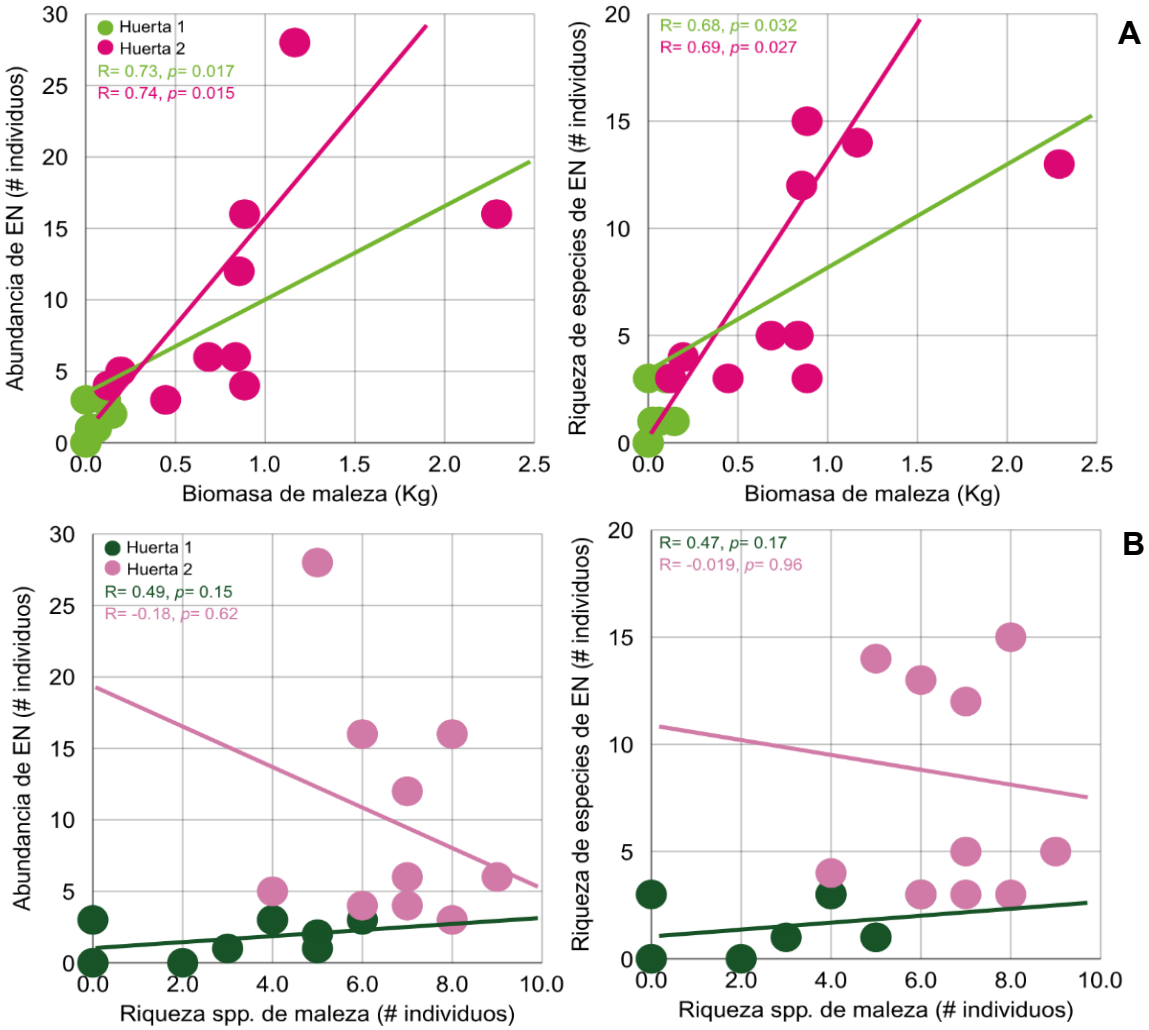


Figura 2. A. Correlación entre la Ab de EN, RE de EN (eje *y*) y la biomasa de maleza (eje *x*) para cada huerta. B. Correlación entre la Ab de EN, RE de EN (eje *y*) y la riqueza de especies de maleza (eje *x*) para cada huerta.

Conclusiones

En la Huerta 1 (manejo severo de la maleza) se registraron 100 individuos de artrópodos correspondientes a 21 especies, mientras que en la Huerta 2 se registraron 340 individuos de artrópodos correspondientes a 80 especies. Se encontró una correlación positiva entre la abundancia y riqueza de enemigos naturales con respecto a la cantidad de maleza presente.
Mientras que este estudio se realizó en una sola fecha de muestreo, es posible inferir de manera general que una huerta con manejo de maleza moderado alberga mayor diversidad de EN potenciales que una huerta con líneas mayormente limpias a lo largo del ciclo.

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece a los productores cooperantes por permitirnos realizar los ensayos en sus huertas. Así mismo, se agradece a la Fundación Pro Investigación Agrícola del Estado de Sonora por facilitar al personal técnico y financiar el ensayo. Este trabajo forma parte de las actividades comprometidas dentro del proyecto "Validación de tecnología para el control de Diaphorina citri. 2023-2025".

Referencias bibliográficas

Barzman, M., Bàrberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., ... y Sattin, M. (2015). Eight principles of integrated pest management. Agronomy for sustainable development, 35, 1199-1215.

Dara, S. K. (2019). The new integrated pest management paradigm for the modern age. Journal of Integrated Pest Management, 10(1), 12.

R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

EVOLUCIÓN DE RAZAS DE *Puccinia striiformis* W. QUE AFECTAN AL CULTIVO DEL TRITICALE EN MÉXICO

Julio Huerta-Espino[1*], Yerica Renata Valdez-Rodriguez[2], Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[1], René Hortelano-Santa Rosa[1], Eliel Martínez-Cruz[1], Enrique López-Ventura[1]

[1]Campo Experimental Valle de México-INIFAP, [2]Colegio de posgraduados.
*Autor para correspondencia: huerta.juio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Puccinia striiformis*, resistencia a royas, *Triticosecale*.

Introducción

El triticale (XTriticosecale) fue inmune a todas las razas de roya amarilla, causada por *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*, identificadas en México hasta 1995. En 1996 se identificaron en México aislados, incluyendo MEX94.16, virulento para *Yr9*, que venció la resistencia de los triticales más populares y de un gran número de las líneas avanzadas. En el año 2002, se identificó una nueva raza, que se denominó MEX02.28, que venció la resistencia de la variedad Pollmer y de líneas emparentadas (Huerta-Espino *et al*., 2016). Sin embargo, MEX02.28, no causó enfermedad en variedades de trigo harinero clasificados como susceptibles, portadores del gen *Yr27*, como Nacozari 76, Ciano 79, Ópata 85 y Bacanora 88. Su fórmula de avirulencia/virulencia es muy distinta a las de razas que afectan trigo harinero. A medida que aumentó la superficie cultivada de triticale y se popularizó la variedad Bicentenario, la raza identificada en Pollmer volvió a estar presente. A partir del 2018, se observaron en campo plantas de Bicentenario con signos de roya amarilla, y el análisis indicó la presencia de MEX02.28. Durante el 2023, se observaron signos de roya amarilla tanto en Pollmer como en Bicentenario, indicando la posible presencia de una nueva raza afectando triticales. Por lo anterior, se planteó como objetivo caracterizar, en condiciones de invernadero, aislados colectados de la variedad Pollmer mediante su evaluación en líneas diferenciales para confirmar la presencia de nuevas razas de roya amarilla e identificar fuentes de resistencia.

Materiales y métodos

Se tomaron muestras en campo de hojas con signos de roya amarilla en genotipos de trigo harinero y en variedades de triticale Pollmer y Bicentenario. Las muestras se procesaron en el Laboratorio Nacional de Royas y otras Enfermedades de Trigo (LANARET) del INIFAP Valle de México. Para obtener los aislados, se sembró la variedad Morocco-*Lr19*, altamente susceptible a todas las razas de *P. striiformis* f.sp. *tritici*, en vasos de unicel. Las plántulas de ocho días de edad fueron inoculadas con esporas recolectadas de cada muestra de campo y colocadas en una cámara de rocío (100 % de humedad relativa) durante 16 h a 7 °C. Posteriormente, se colocaron en cámaras de plástico transparente en un invernadero 18 °C. Se tomó una uredínia viable de cada muestra y se multiplicó en Morocco-*Lr19* siguiendo el mismo procedimiento, para obtener suficiente inóculo. Las plántulas inoculadas con cada aislado se colocaron en cámaras de plástico transparente separadas para evitar contaminación entre los aislados. Posteriormente, se inocularon plántulas de líneas diferenciales (Cuadro 1), de 12 días de edad, con cada uno de los aislado. Los tipos de infección se registraron 15 días después de la inoculación, siguiendo la escala del 0-9 (Huerta-Espino *et al*., 2014) en la cual de 0 a 6 se consideran resistentes y del 7 a 9 son susceptibles.
De los aislamientos caracterizados, el aislado Mex23.117 fue multiplicado en la variedad de triticale Bicentenario. Se evaluaron 100 líneas avanzadas de triticale, además de las variedades testigo Eronga, Secano, Impulso, Siglo XXI, Pollmer y Bicentenario en estado de plántula contra Mex23.117, en el LANARET siguiendo el procedimiento de inoculación descrito anteriormente.

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestra la respuesta de diferenciales con genes importantes de roya amarilla ante algunos aislados colectados durante 2023 y 2024, enfatizando los tipos de infección susceptibles tanto en Pollmer como en Bicentenario, las cuales se compararon con aislamientos típicos de trigo identificados en ciclos anteriores.

Cuadro 1. Líneas diferenciales usadas en la caracterización de aislamientos de *P. striiformis* en el LANARET.

No.	Gen	No.	Gen	No.	Gen	No.	Gen
1	*YrM*	16	*Yr24*	31	*Yr52*	46	PBW343
2	*YrA-*	17	*Yr26*	32	*Yr54*	47	*YrF*
3	*YrA*	18	*Yr27*	33	*54+*	48	*Yr27+31*
4	*Yr1*	19	*Yr28*	34	*Yr57*	49	*YrORZ*
5	*Yr2*	20	*Yr29*	35	*Yr59 +*	50	*YrPoll*
6	*Yr3*	21	*Yr31*	36	*Yr60+*	51	*YrBC*
7	*Yr5A*	22	*Yr31+*	37	*YrKK*		
8	*Yr6*	23	*Yr5B*	38	*YrAld*		
9	*Yr7*	24	*Yr32*	39	*Yr68*		
10	*Yr8*	25	*Yr33*	40	*YrSj*		
11	*Yr9*	26	*Yr34*	41	*YrSj+*		
12	*Yr10*	27	*Yr35*	42	Pavon		
13	*Yr15*	28	*Yr37*	43	Seri		
14	*Yr17*	29	*Yr41*	44	Opata		
15	*Yr18*	30	*Yr51*	45	Kauz		

Cuadro 2. Tipos de infección registrada en genotipos diferenciales ante asilados de roya amarilla.

Gen	Aislado de Roya amarilla					
	MEX14.191	MEX22.78	MEX22.87	MEX24.10.4	MEX23.117	MEX24.32
Yr1	0	8	8	0	7	0
Yr10	1	0	0	0	1	0
Yr24	4	2	2	2	4	2
Yr26	4	2	2	2	4	2
Yr28	5	5	7	8	8	7
Yr32	5	7	9	7	8	8
Yr33	2	4	9	7	8	6
Yr34	7	5	7	8	8	8
Yr41	9	7	9	7	8	7
Yr51	5	8	3	8	8	7
Yr52	6	6	0	7	6	6
Yr57	5	9	7	8	8	7
Yr59	5	4	5	7	6	6
Yrkk	5	4	5	8	5	7
YrSuj	5	5	5	7	6	7
YrOrz	0	7	7	0	8	0
YrPoll	5	5	7	7	9	8
YrBC	2	0	0	3	9	8

Los aislados MEX14.191 y MEX22.78 son típicos de trigo y son avirulentos en las diferenciales Pollmer y Bicentenario. Por su parte, los aislados MEX22.87 y MEX24.10.4 son virulentos en Pollmer, pero avirulentos en Bicentenario. Estos dos últimos se diferencian del aislado MEX02.28, ya que poseen virulencia para *Yr27*, Opata, Kauz y otros genes. Actualmente, las variedades Pollmer y Bicentenario son susceptibles a los aislados MEX23.117 y MEX24.32. Los cambios en la respuesta de las variedades y la efectividad de

los genes *Yr* ante los diferentes aislados del patógeno, confirman la evolución de *P. striiformis* causante de la roya amarilla en triticale.

La fórmula de avirulencia/virulenvia de MEX23.117 es: *Yr5a,5b,10,15,24,26,52,59,Ald,Sj,KK/YrA,1,2,3,6,.7,8,9,17,27,28,31,32,33,34,35,37,41,51,54,57,60,68,F, ORZ,Poll,BC* lo cual indica que este aislado posee virulencia para un gran número de genes incluyendo los genes de los triticales Pollmer y Bicentenario.

Entre los 106 genotipos de triticale evaluados en estado de plántula contra el aislado MEX23.117, 35 fueron susceptibles, así como todas las variedades testigos. Mientras que, 65 líneas mostraron resistencia, de las cuales 49 fueron de resistencia intermedia (TI = 3-6) y 16 altamente resistentes (TI = 0-2) (Figura 1).

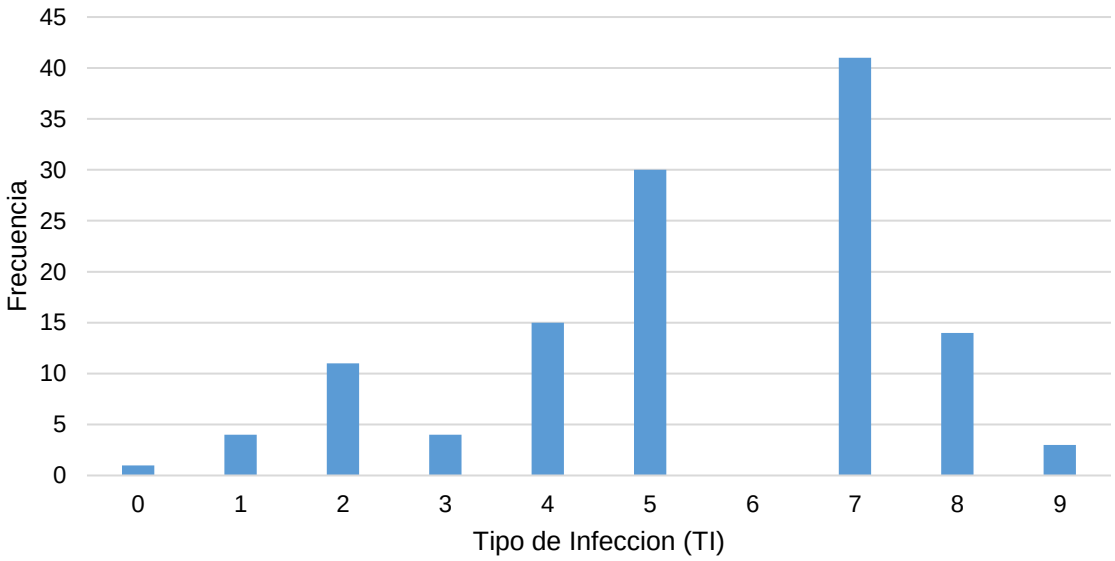


Figura 1. Frecuencia de líneas de triticale susceptibles y resistentes al aislamiento MEX23.117. En la escala, de 0 – 6 son resistentes y del 7-9 son susceptibles (Huerta-Espino *et al*., 2014).

Conclusiones

En México, los aislados de trigo harinero más comunes son avirulentos en los triticales incluyendo a Pollmer y Bicentenario. Los aislamientos MEX23.117 y MEX24.32 virulentos en Pollmer y Bicentenario poseen virulencia para otros genes de resistencia que aislados como MEX02.28 no poseían. Se identificaron genotipos de triticale resistentes en plántula al aislado MEX23.117.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al INIFAP y al financiamiento de esta investigación mediante el proyecto denominado: Programa Nacional de Mejoramiento Genético para Generar Variedades Resistentes a Royas, de Alto Rendimiento y Alta Calidad para una Producción Sustentable de Trigo en México, con Numero SIGI, 153335532:

Referencias bibliográficas

Huerta-Espino, J., K. Amar. R. P. Singh, E. Garcia-Leon, 2016. Yellow rust disease on triticale in Mexico, a different *formae specialis* or just lack of virulence to common wheat Yr genes. In: 9th International Triticale Symposium. Szeged Hungary. Pp 59

Huerta-Espino, J., R. P. Singh, and A. P. Roelfs. 2014. RUSTS FUNGI OF WHEAT. In: pp 217-259, (Chapter 11) J. K. Misra, J. P. Tewari, S. K. Deshmukh and C. Vágvölgyi (Eds.) Fungi from Different Substrates. CRC Press, USA, Taylor & Francis Group.

Huerta-Espino, J., H. E. Villaseñor-Mir, S. Carranza-González, R. Hortelano-Santa Rosa, E. Martínez-Cruz1 y R. P. Singh. 2023. Evolución del hongo *Puccinia striiformis* w. causante de la roya amarilla del trigo en México e identificación de fuentes de resistencia. Rev. Fitotec. Mex. 46 (2):167-175

DESCRIPCIÓN DE SÍNTOMAS ASOCIADOS CON Candidatus *Liberibacter solanacearum* EN Physalis *ixocarpa* BROT.

Carolina Delgado-Luna[1*], Paola E. Osrio-Villa[2], Sergio R. Sanchez-Peña[2]

[1]CERIB, INIFAP, [2]Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
*Autor para correspondencia: delgadolunac29@gmail.com

Palabras clave: Tomatillo, enfermedad, síntomas.

Introducción

Bactericera cockerelli (Šulc) es una de las plagas más importantes en cultivos de solanáceas, es vector del patógeno *Candidatus* Liberibacter solanacearum (*C*Lso) agente causal de las enfermedades zebra chip, permanente y variegado en cultivos de papa, tomate y chile respectivamente (Munyaneza *et al*, 2008; Djaman *et al*. 2019).

El cultivo de tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) también es de gran importancia económica a nivel nacional, principalmente por su alta demanda en el extranjero. En 2023 se sembraron 40,442.27 ha, con una producción de 757,879.52 ton y un rendimiento de 18.86 ton/ha, es uno de los productos más exportados principalmente a Estados Unidos y Países Bajos (SIAP, 2023). Sin embargo, se enfrenta a un importante número de limitantes en su producción, principalmente plagas y enfermedades, el cultivo de tomatillo es atacado por *B. cockerelli* y afectado por *C*Lso (Reyes-Corral *et al*., 2021), sin embargo, la información disponible sobre los daños en la planta y las pérdidas ocasionada por *C*Lso es escasa. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue describir los síntomas asociados con *C*Lso en plantas de *P. ixocarpa*.

Materiales y métodos

Para el experimento se sembraron semillas de *P. ixocarpa* obtenidas de frutos frescos en recipientes plásticos de 1L con sustrato peat moos, las plantas se mantuvieron en cámara bioclimática y se regaron cuando fue necesario. Los adultos de *B. cockerelli* utilizados en el experimento se tomaron de una colonia positiva a *C*Lso, del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se establecieron dos tratamientos, 1) testigo (plantas de *P. ixocarpa* libres de *C*Lso) y 2) plantas de *P. ixocarpa* infectadas con *C*Lso, por tratamiento se colocaron 10 repeticiones (10 plantas). Al inicio del experimento se registró por planta altura, número de hojas y se tomó una hoja de cada planta para determinar presencia o ausencia de *C*Lso (las muestras se conservaron individualmente en tubos Eppendorf con alcohol absoluto para su posterior análisis, se etiquetaron con fecha, tratamiento y numero de repetición), enseguida para el tratamiento dos se confinaron 10 adultos machos de *B. cockerelli* por planta para infectarlas con *C*Lso (se utilizaron machos para evitar la presencia de huevecillos y posteriormente ninfas). Para evitar que los insectos escaparan se confinaron con ayuda de un recipiente plástico de 1L sin fondo y en su lugar se colocó tela de organza, finalmente se unieron a los recipientes con planta con plástico PARAFILM® (Figura 1). Al cabo de cinco días se retiraron los insectos (los insectos se conservaron en alcohol absoluto para confirmar que eran positivos a *C*Lso), esperando que se hubieran alimentado de las plantas y estas se infectara con *C*Lso.

Las plantas se incubaron por tres meses y posteriormente se registró; altura, porcentaje de área clorótica, número de hojas y flores. Para medir el porcentaje de área clorótica se tomaron tres hojas de cada planta y se les tomo foto para posteriormente ser analizadas con el programa ImageJ (Wayne Rasband NIH). Finalmente, se tomó una muestra de uno a dos cm de tallo-raíz de cada planta, las muestras se colocaron individualmente en tubo Eppendorf con alcohol absoluto y se etiquetaron con fecha, tratamiento y número de repetición. Todas las muestras de planta se analizaron en el Laboratorio Temperate Tree Fruit And Vegetable Research, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Wapato, Washington, para determinar presencia o ausencia de *C*Lso. Mientras que los datos de altura, número de hojas, y flores, se sometieron a un análisis de normalidad y homogeneidad (Shapiro-Wilks y Bartlett), al no cumplirse el requisito, los datos se transformaron con raíz cuadrada para su normalización. Finalmente fueron sometidos a un análisis de t de Student y comparación de medias, con la prueba de Tukey (0.05) en el paquete estadístico InfoStat.



Figura 1. Plantas de tomatillo con adultos de *B. cockerelli*.

Resultados y discusión

Se determinó que inicialmente el 100% de las plantas utilizadas en el experimento no estaban infectadas con *C*Lso, además, el 100% de los insectos utilizados en el experimento estaban infectados. El 100% de las plantas expuestas a adultos de *B. cockerelli* fueron positivas a *C*Lso, mientras que el 100% de plantas que no fueron expuestas a adultos de *B. cockerelli* dieron negativo a *C*Lso. Las plantas que no fueron expuestas a adultos de *B. cockerelli* no presentaron síntomas asociados con *C*Lso, mientras que plantas expuestas a adultos de *B. cockerelli* presentaron síntomas asociados con *C*Lso (Figura 2).

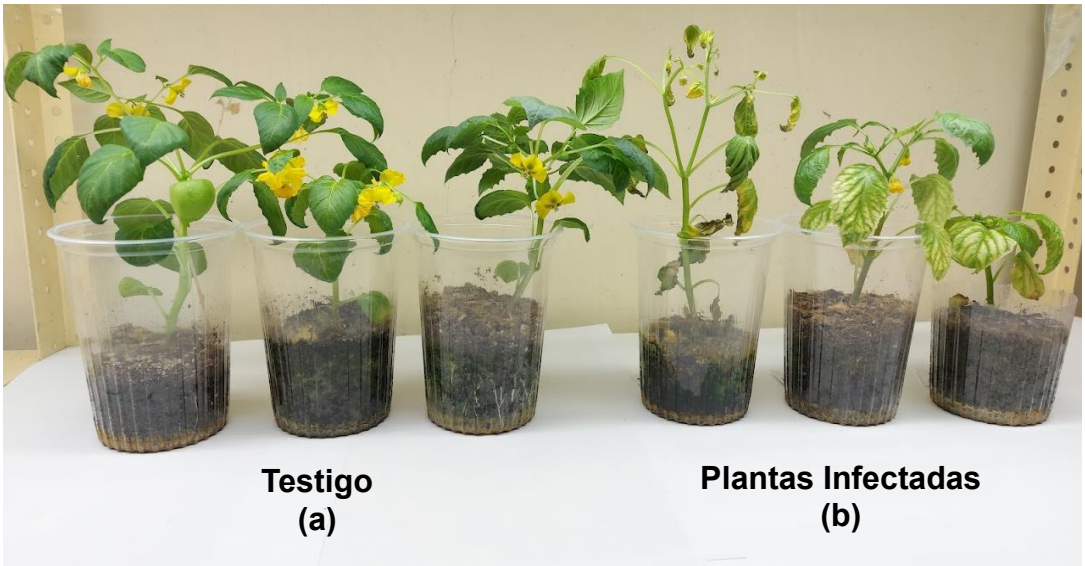


Figura 2. Plantas no expuestas (a) y expuestas a adultos de *B. cockerelli* con *C*Lso.

Se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos en altura (p = 0.0101), número de flores (p = 0.0538) y porcentaje de área clorótica (p = 0.007) (Cuadro 1). Los síntomas observados fueron; clorosis, enverdecimiento de nervaduras, necrosis foliar, alargamiento de entrenudos, aborto de botones florales y flores.

Cuadro 1. Media ± E.E. y comparación de altura, hojas, flores y porcentaje de área clorótica en plantas con y sin *C*Lso.

Variable	Control Media ± E.E.	Infectadas Media ± E.E.	p-valor
Altura (cm)	17 ± 1.01	10.22 ± 2.09	0.0101
Hojas	24.55 ± 1.93	16.66 ± 3.73	0.0789
Flores	3.55 ± 0.68	1.55 ± 0.66	0.0538
Porcentaje de área clorótica	1.64 ± 0.050	40.11 ± 0.125	0.007

*E.E. = Error estándar.

Los síntomas observados en las plantas infectadas con *C*Lso fueron notoriamente similares a los reportados en otros cultivos de solanáceas (papa, tomate y chile): hojas acucharadas, amarillamiento, clorosis de hojas y enverdecimiento de nervaduras, necrosis, alargamiento de entrenudos, achaparramiento de la planta, aborto de botones florales y flores (Melgoza-Villagómez *et al*., 2018). El primer síntoma observado fue el amarillamiento foliar, seguido del enverdecimiento de las nervaduras. Reyes-Corral *et al*. (2021) reportaron plantas de tomatillo en campo infectadas con *C*Lso con amarillamiento severo, hojas acucharadas, enverdecimiento de las nervaduras y muerte progresiva en el 90% de las plantas.

Conclusiones

Los resultados de este estudio confirmaron que los síntomas presentados y observados en plantas de *P. ixocarpa* infectadas con *C*Lso, son similares a los observados en otras especies de solanáceas cultivadas y no cultivadas que también son afectadas por *C*Lso. Estos resultados justifican estudios más extensos sobre el nivel de daño y las pérdidas ocasionadas por *B. cockerelli* y *C*Lso en este cultivo.

Referencias bibliográficas

Djaman, K., Higgins, C., Begay, S., Koudahe, K., Allen, S., Lombard, K., and O'Neill, M. 2019. Seasonal occurrence of potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) and risk of zebra chip pathogen (*Candidatus* Liberibacter solanacearum) in Northwestern New Mexico. Insects, 11(1): 3.

Melgoza-Villagómez, C. M., León-Sicairos, C. D. R., López-Valenzuela, J. A., Hernández-Espinal, L. A., Félix, S. V., y Garzón-Tiznado, J. A. 2018. Presencia de "*Candidatus* Liberibacter solanacearum" en "*Bactericera cockerelli*" Šulc asociada con enfermedades en tomate, chile y papa. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(3): 499-509.

Munyaneza, J. E., Buchman, J. L., Upton, J. E., Goolsby, J. A., Crosslin, J. M., Bester, G., Miles, G. P., Y Sengoda, V. G. 2008. Impact of different potato psyllid populations on zebra chip disease incidence, severity, and potato yield. Subtropical Plant Science, 60: 27-37.

Reyes-Corral, C. A., Cooper, W. R., Karasev, A. V., Delgado-Luna, C., and Sanchez-Peña, S. R. 2021. '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' infection of Physalis ixocarpa Brot. (Solanales: Solanaceae) in Saltillo, Mexico. Plant Disease, 105(9): 2560-2566.

SIAP, 2023. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES DE HORTALIZAS AGROECOLÓGICAS ACERCA DE LOS PROBLEMAS FITOSANITARIOS QUE PRESENTAN, ÁREA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO

[1]Martha Azucena Díaz-Rivas*, [2]Agustín Aragón-García, [3]Arturo Huerta-de la Peña, [1]Ramón Jarquin-Gálvez

[1]Universisdad Autónoma de San Luis Potosí, [2]Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, [3]Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
*Autor para correspondencia: marthaa.diazrivas@viep.com.mx.

Palabras clave: Vegetales, plagas, insectos.

Introducción

A lo largo de la última década se han desarrollado alternativas de diseños de agroecosistemas diversificados, con uso de tecnologías de bajos insumos, fertilización y tratamiento de problemas fitosanitarios (plagas, enfermedades y malezas) mediante procedimientos naturales, que han demostrado la posibilidad de obtener un balance entre el ambiente y los rendimientos, y que brinda a los productores posibilidades alternativas de la agricultura convencional. Entre estas se encuentra la creación de puntos de venta directa de productos de carácter agroecológico u orgánico, lo cual apoya a la expansión de la producción y consumo de este tipo de bienes (Bustamante-Lara *et al*., 2021). Los productos más demandados en estos comercios son los vegetales frescos; en el área metropolitana del Estado de Puebla se han ubicado 13 tianguis alternativos, y 19 productores de hortalizas, quienes se desarrollan favorablemente en las distintas dimensiones agroecológicas (Díaz-Rivas *et al*., 2023). Sin embargo, los problemas fitosanitarios pueden llegar a ser una limitante importante en su proceso productivo (Arvizu-Barrón *et al*., 2015). Por tanto, el objetivo de este trabajo fue elaborar un listado de especies de hortalizas que cultivan los productores y detectar qué problemas fitosanitarios enfrentan.

Materiales y método

Esta investigación fue descriptiva, no experimental y transversal. Se consideraron a los 19 productores que participan en tianguis alternativos de las ciudades de San Andrés Cholula y la capital del estado, los cuales pertenecen al área metropolitana del Puebla; para la obtención de información se utilizó la técnica de encuesta, personal, individual y en una sola sesión; esta se realizó siguiendo un cuestionario estructurado de preguntas abiertas. Se registraron las hortalizas que producen y comercializan, se destacaron las principales atendiendo a la superficie de siembra que ocupan en las unidades productivas y al ingreso económico que les generan. Respecto a los problemas fitosanitarios, se tomó nota del sistema de producción, el agente fitosanitario, temporada del año en la cual se presentan, etapa de desarrollo de la planta que afectan, parte de la planta que perjudica, porcentaje de daño qué ocasiona y tipo de control que utilizan. La información obtenida se sistematizó en hojas de cálculo de Excel® y se analizó con estadística descriptiva y cualitativa.

Resultados y discusión

Estos productores declararon que cultivan hasta 93 variedades diferentes, las cuales pertenecen a 16 familias botánicas (Amaranthaceae, Amaryllidaceae, Apiaceae, Asparagaceae, Asphodelaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Malvaceae, Poaceae, Portulacaceae, Rosaceae, Solanaceae, Tropaeolaceae) y 44 géneros (*Beta vulgaris, Spinacia olerace Amaranthus* spp*., Chenopodium* spp*., Allium* spp*., Apium graveolens, Coriandrum sativum, Anethum graveolens, Foeniculum vulgare, Petroselinum crispum, Daucus carota, Asparagus oficinales, Aloe vera, Cichorium intybus, Lactuca sativa, Chamaemelum nobile, Porophyllum ruderale, Stevia rebaudiana, Eruca vesicaria, Nasturtium officinale, Brassica* spp*., Cucumis sativus, Raphanus sativus, Citrullus lanatus, Pisum sativum, Phaseolus vulgaris, Vicia faba, Ocimum* spp*., Cynara cardunculus, Mentha piperita, Origanum vulgare, Salvia* spp*., Thymus* sp*., Mentha spicata, Persea americana, Laurus nobilis, Abelmoschus esculentus, Zea mays, Portulaca oleracea, Fragaria vesca, Solanum* spp*., Capsicum* spp*., Physalis philadelphica,Tropaeolum majus*). Esta riqueza de hortalizas es mayor a la reportada para el Distrito de Desarrollo Rural de Tecamachalco, característico por la producción convencional de hortalizas en el estado de Puebla (Arvizu-Barrón *et al*., 2015).

Atendiendo a la distribución espacial de las especies, el 88% de los productores señalaron que la hortaliza que ocupa mayor extensión en sus parcelas es el jitomate; 75% dijo que el brócoli y cebollas; 69% mencionó acelga, apio, betabel, epazote, cilantro y 62% lechuga, espinaca, col, coliflor, rábano. Teniendo en cuenta las ventas, el 50% de los productores expresó que la hortaliza que les generan mayores ingresos económicos es la espinaca, 31 % expuso que el jitomate y lechuga, el 24% indicó al brócoli. Así, teniendo en cuenta estos dos criterios, se destacan como cultivos principales para estos productores la espinaca (*Spinacia olerace*), jitomate (*Solanum lycopersicum*), lechuga (*Lactuca sativa*) y brócoli (*Brassica oleracea var. italica*). Estos cultivos también se destacan en la producción hortícola convencional del estado de Puebla (Arvizu-Barrón *et al*., 2015).

Se visitaron las unidades productivas localizadas dentro de la región económica Angelópolis, lo cual correspondió al 44% del total del padrón de productores de hortalizas agroecológicas. El 71% de éstos reportaron que el brócoli es uno de los cultivos que presenta más problemas fitosanitarios, seguido de espinaca, lechuga, acelga, betabel, cebolla (57%), jitomate, col blanca, ejote, kale (43%). En cuanto a los agentes de problemas fitosanitarios, el 100% de los productores reportó tener dificultades con insectos y enfermedades, 71% con artrópodos que no pertenecen al grupo de hexápodos, 57% con vertebrados y 43% con moluscos; ninguno consideró tener un problema importante relevante con malezas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Problemas fitosanitarios que enfrentan los productores de hortalizas agroecológicas del área metropolitana del estado de Puebla.

	Vertebrados	**Enfermedades**	**Moluscos**	**Artrópodos no hexápodos**	**Insectos**
Sistema de producción (%)	57 Campo abierto 43 Invernadero	61 Campo abierto 39 Invernadero	100 Invernadero	33 Campo abierto 67 invernadero	78 Campo abierto 22 Invernadero
Cultivos	4 (zanahoria, jitomate, fresa, betabel)	13 (cebolla, espinaca, jitomate…)	3 (arúgula, rábano, fresa)	9 (ejote, fresa, jitomate…)	28 (brócoli, col, espinaca, lechuga...)
Número de agentes	4 (tuzas, ratas, ratones, ardillas, aves)	10 (fumagina, cenicilla, clavibacter)	2 (caracoles y babosas)	2 (cochinilla y araña roja)	14 (gusanos, mosquita blanca, pulgón)
Temporada climática	Lluvia y sequía	Lluvia	Lluvia	Lluvia y sequía	Lluvia y sequía
Parte que daña	Raíz, fruto	Hoja, raíz	Hoja	Raíz, hoja, fruto	Raíz, hoja, flor, frutos
Etapa de desarrollo	Vegetativa Reproductiva	Vegetativa	Plántula Vegetativa Reproductiva	Plántula Vegetativa Reproductiva	Plántula Vegetativa Reproductiva
Daño (%)	43	36	12	44	36
Tipo de control	Cultural, físico	Mineral y cultural	Mineral	Mineral y mecánico	Comercial, mineral, cultural, biológico, extractos

Entre estos, los insectos destacaron ya que se presentan tanto en sistemas a campo abierto como en invernadero, dañan a mayor número de cultivos, en cualquier temporada del año, afectan cualquier parte de la planta, en cualquier etapa de desarrollo y representan mayor número de agentes, y para los cuales se utilizan más estrategias de control de población. Los productores consideraron que su principal problema son gusanos (Lepidoptera 28%), seguido de mosquita blanca (Hemiptera - Aleyrodidae15%), pulgones (Hemiptera - Aphididae 15%), chapulínes (Orthoptera – Acrididae - Sphenarium 9%), gallina ciega (Coleoptera – Scarabaeidae - Phyllophaga 9%), picudo del nopal (Coleoptera – Curculionidae - Cactophagus 6%), fraelecillo (Coleptera – Scarabaeidae – Macrodactylus 6%), grana cochinilla (Hemiptera – Coccoidea – Dactylopius 3%), hormiga (Hymenoptera – Formicidae 3%), paratrioza (Hemiptera –

Triozidae – Bactericera 3%) y trips (Thysanoptera 3%). Estos son fitófagos habituales en cultivos de hortalizas (Jiménez-Martínez, 2016).
Para el control de los problemas fitosanitarios, los productores han utilizado trampas que generan ruido contra los vertebrados; sulfato de cobre con azufre, caldo bordelés y quitina para control de enfermedades; trampas atrayentes de cerveza para los moluscos; agua con cal y sulfato de cobre para artrópodos no hexápodos; productos comerciales como Fenoxon, extractos vegetales de ajo, ruda, manzanilla, pimienta, canela y elementos minerales como cenizas y solución jabonosa contra insectos.

Conclusiones

Los productores de hortalizas agroecológicas de la zona metropolitana de Puebla cultivan amplia variedad de productos en sus unidades productivas y presentan problemas fitosanitarios principalmente relacionados con insectos, para enfrentarlos realizan distintas estrategias de control cultural, mecánico, físico y aplicación de biorracionales.

Agradecimientos

Al Consejo de Ciencia y Tecnología, del Gobierno Mexicano, por la beca de manutención (CVU 1077961).
A los productores por la confianza de brindarme su información personal.

Referencias bibliográficas

Arvizu-Barrón, E., Mayett-Moreno, Y., Martínez-Flores, J. L., Olivares-Benítez, E. y Flores-Miranda, L. (2015). Análisis de producción y comercialización hortícola del estado de Puebla: un enfoque de cadena de valor. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(4): 779-792. https://doi.org/10.29312/remexca.v6i4.618

Díaz-Rivas, M. A., Sánchez-Morales, P., Aragón-García, A., Huerta-de la Peña, A., & López-Olguín, J. F. (2023). Caracterización de productores de hortalizas que participan en tianguis agroecológicos en las ciudades de San Andrés Cholula y Puebla, México. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, *33*(61). https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1311

Jiménez-Martínez, E. (2016). Plagas de cultivo. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, 218 p.

Lara, T. I. B., Rindermann, R. S., & Chávez, B. C. (2021). Tianguis y mercados orgánicos en el centro y sur de México. En Moctezuma Pérez, S., Sandoval Genovez, D., (Comps.). Mercados y tianguis en el siglo XXI. Repensando sus problemáticas. Universidad Autónoma del Estado de México. p. 81.

EFECTIVIDAD DE BIOHERBICIDAS PARA EL CONTROL DE MALEZA EN FRUTALES TROPICALES

Mario Orozco-Santos[1]*, Karina de la Paz García-Mariscal[1], Alejandra Berenice Castrejón-Méndez[2], Luis Eduardo Iglesias-Velasco[2] y Marcela Rubí Rodríguez-Gutiérrez[2]

[1]CE Tecomán-CIRPAC-INIFAP; [2]Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Universidad de Colima
Autor para correspondencia: orozco.mario@inifap.gob.mx

Palabras clave: Malas hierbas, herbicidas orgánicos, dosis.

Introducción

La fruticultura tropical es una actividad económicamente importante en México. En el año 2023, se cultivaron 87,091 ha de plátano y 99,350 ha de limón mexicano (SIAP, 2025). La región productora de plátano se localiza en las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico, mientras que el limón mexicano se cultiva en la costa del Océano Pacífico (desde Colima hasta Oaxaca). En ambos frutales, la maleza representa un serio problema por las condiciones favorables de humedad durante la época de lluvias (julio a octubre) y por los riegos frecuentes que se les proporcionan en la época seca, lo que favorece la germinación, crecimiento y fructificación de diferentes especies de arvenses. El control de malas hierbas está basado en métodos manuales, mecánicos y químicos, tanto en plátano como en limón mexicano. En estos frutales, el herbicida más utilizado desde hace varias décadas ha sido el glifosato (Ramírez y Rodríguez, 1996; Orozco-Santos y Farías-Larios, 2014). En la actualidad, el glifosato está siendo cuestionado por sus posibles efectos negativos en la salud humana. Debido a la situación actual de este herbicida químico y su posible prohibición en el futuro, la búsqueda de alternativas amigables es una línea de investigación prioritaria para tener opciones sostenibles de manejo de la maleza. Existen algunos reportes exitosos del uso de bioherbicidas para el control de maleza, los cuales contienen extractos de plantas (aleloquímicos o aceites esenciales), fitotoxinas microbiales, micoherbicidas, bacterias, virus, entre otros (Roberts *et al*., 2022). Asimismo, hay algunos avances del uso de bioherbicidas para controlar maleza en frutales tropicales en el trópico seco de México (Orozco-Santos y García-Mariscal, 2024). El presente trabajo tuvo los siguientes objetivos: 1) evaluar la efectividad biológica de cuatro bioherbicidas (elaborados con compuestos orgánicos) y 2) evaluar el efecto de dosis de bioherbicidas en mezcla con un coadyuvante comercial o con sulfato de amonio para el control de la maleza.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Tecomán (INIFAP), localizado en el municipio de Tecomán, Colima, México. El suelo del lote experimental es arcillo-arenoso y se ubica a 18°58´8´´ latitud N y 103°50´42´´ longitud O y una altura de 62 msnm. El estudio constó de dos experimentos:

Bioherbicidas. Se evaluaron cuatro bioherbicidas comerciales: Herbitech® (Gordolobo, aceite de coco, resina de pino, *Puccinia* spp y papaína), Sec Bios® (Ácidos orgánicos enzimáticos, extracto de plantas silvestres alelopáticas y toxinas de *Puccinia* spp), Sec Natural® (Aceite de conífera, extracto de *Datura stramonium*, extracto de plantas alelopáticas y metabolitos de *Puccinia* spp), H2® [Bioherbicida base jabón con extractos vegetales alelopáticos y ácidos orgánicos (vinagre)] y se compararon con el herbicida Faena Fuerte 360® (glifosato al 35.6%) y un testigo sin aplicación. Los bioherbicidas y el glifosato se aplicaron en una concentración del 1% y se le adicionó el coadyuvante Inex A® (Alcohol Graso Etoxilado y Polidimetilsiloxano) en dosis de 1 mL/L. Se realizó una aplicación a los 15 días de edad de la maleza.

Bioherbicidas, dosis y coadyuvantes. Se evaluaron tres dosis del bioherbicida Blue Weed® (Aceite de conífera, extracto de *Datura stramonium*, extracto de plantas alelopáticas, metabolitos de *Puccinia* ssp y aceite de coco no hidrogenado) en comparación con otro bioherbicida (Herbitech) y el glifosato. Con la finalidad de mejorar la eficacia de los bioherbicidas, ambos productos se compararon en mezcla con el coadyuvante comercial Inex A® y con el fertilizante sulfato de amonio. También se realizó una aplicación a los 30 días de edad de la maleza.

En ambos experimentos, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones y la unidad experimental consistió de parcelas de 4 x 4 m (16 m^2). Los bioherbicidas y el glifosato fueron aplicados con una bomba de mochila manual con boquilla de cerámica tipo abanico 110-8003. Antes de establecer el trabajo, se realizó un muestreo para determinar las especies de maleza presente. A los 21 después de la aplicación, se realizó una evaluación visual del porcentaje de control de maleza presente en

cada tratamiento. Se utilizó la escala porcentual 0 a 100%, en donde 0 significa que no hubo ningún efecto en el control de la maleza y 100 que fueron completamente eliminadas (Carmona *et al*., 2001). También se determinó la biomasa total (peso en verde) al término del experimento. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Bioherbicidas. Las especies de arvenses fueron: *Paspalum dilatatum, Eleusine indica, Cynodon dactylon, Malvastrum coromandelianum, Camonea umbellata, Distimake dissectus, Portulaca oleracea y Priva lappulacea*. El control de maleza de los bioherbicidas y cantidad de biomasa a los 21 días después de la aplicación se observa en el Cuadro 1. El mejor control de arvenses se logró con el bioherbicida Herbitech, registrando un 87.3% de eficacia. Su control fue estadísticamente similar al glifosato, el cual tuvo un 88.7% de abatimiento de la maleza. Le siguió en efectividad el Sec Bios con un 75.2% de control. Los bioherbicidas Sec Natural y H2 registraron un control medio con un 65.8 y 63.3% de efectividad, respectivamente. Los resultados de control de maleza fueron directamente proporcionales a la cantidad de biomasa presente en los tratamientos. A mayor control se tuvo menor biomasa verde. El bioherbicida Herbitech y el herbicida glifosato presentaron la menor cantidad de peso fresco (83 y 86 g/m^2), seguido por Sec Bios (120 g) y Sec Natural y H2 (408 y 493 g). El tratamiento testigo tuvo un total de 703 g/m^2.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de bioherbicidas en el control de maleza y acumulación de biomasa a los 21 días después de la aplicación.

Tratamientos (Dosis)		Control de maleza (%)	Biomasa fresca (g/m^2)
1.	Herbitech (10 mL/L)	87.3 a	86 b
2.	Sec Bios (10 mL/L)	75.2 b	120 a
3.	Sec Natural (10 mL/L)	65.8 c	408 b
4.	H2 (10 mL/L)	63.3 c	493 b
5.	Glifosato (10 mL/L)	88.7 a	83 a
6.	Testigo	0.0 d	703 c

Separación de medias según la Prueba de Tukey al 99% de probabilidad.

Bioherbicidas, dosis y coadyuvantes. Las malezas presentes en este experimento fueron: *C. dactylon*, *Echinochloa colonum*, *Synedrella nodiflora*, *Digitaria sanguinalis*, *Ixophorus unisetus*, *Malvastrum coromandelianum*, *Boerhavia erecta*, *Sorghum halapense* y *Urochloa* sp. A los 21 días de la aplicación, el mejor control de maleza se logró con el herbicida glifosato en mezcla con sulfato de amonio, registrando en promedio un 96.5% de eficacia. En cambio, el bioherbicida Blue Weed a razón de 1.0 y 1.5% en mezcla con el coadyuvante Inex A (3 ml/L) tuvieron un control deficiente de maleza con un 46.3 y 53.8% de eficacia, respectivamente. Al incrementar la concentración de Blue Weed al 2.0%, se mejoró el control de maleza, registrando un 83.8%. Sin embargo, al bajar la concentración de Blue Weed al 1.0% y mezclarlo con sulfato de amonio se tuvo un control similar a la dosis más alta (2.0%) en mezcla con e coadyuvante comercial. Este tratamiento mostró un 77.5% de control. De igual manera, el herbicida Herbitech a razón del 1.0% y mezclado con sulfato de amonio registró una eficacia de 73.8%. La cantidad de biomasa vegetal fresca a los 21 días de la aplicación, se redujo significativamente con el tratamiento de glifosato, registrando un total de 150 g/m^2. El herbicida Blue Weed en una concentración de 2.0% en mezcla con Inex A mostró una reducción media de biomasa vegetal en comparación al testigo sin control. El promedio de biomasa en este tratamiento fue de 312 g/m^2. De igual manera, el Blue Weed y el Herbitech aplicados al 1.0% en mezcla con sulfato de amonio tuvieron una cantidad de biomasa verde similar a la dosis alta del Blue Weed. El tratamiento testigo sin control tuvo 1,130 g/m^2.

En el presente estudio, de los bioherbicidas evaluados, el Herbitech aplicado a los 15 días de edad de la maleza proporcionó el mejor control de maleza. Su eficacia resultó similar al herbicida glifosato. Por otra parte, los bioherbicidas Blue Weed y Herbitech aplicados a los 30 días de edad de la maleza, en una concentración del 1.0% y en mezcla con sulfato de amonio, registraron una eficacia del 77.5 y 73.8%, respectivamente. En cambio, el glifosato tuvo un 96.5% de control. Estos resultados demuestran la importancia del momento de aplicación de los bioherbicidas. Al igual que en estudios previos, el Herbitech aplicado a los 10-15 días de edad de la maleza, tuvo un control similar que el glifosato. Sin embargo, en este ensayo los bioherbicidas fueron aplicados a los 30 días de dad de la maleza, lo cual redujo su eficacia.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación del bioherbicida Blue Weed en el control de maleza y acumulación de biomasa a los 21 días después de la aplicación.

Tratamientos (Bioherbicida + concentración + coadyuvante o sulfato de amonio)		Control de maleza (%)	Biomasa verde (g/m^2)
1.	Blue Weed (1.0%) + Inex A (3 ml/L)	46.3 c	579 c
2.	Blue Weed (1.5%) + Inex A (3 ml/L)	53.8 c	468 c
3.	Blue Weed (2.0%) + Inex A (3 ml/L)	83.8 b	312 b
4.	Blue Weed (1.0%) + Sulfato de amonio (15 g/L)	77.5 b	354 b
5.	Herbitech (1.0%) + Sulfato de amonio (15 g/L)	73.8 b	344 b
6.	Glifosato (1.0%) + Sulfato de amonio (15 g/L)	96.5 a	150 a
7.	Testigo	0.0 d	1,130 d

Separación de medias según la Prueba de Tukey al 99% de probabilidad.

Conclusiones

En Conclusiones, los bioherbicidas a base de extractos vegetales, aceite de coco, resina de pino, *Puccinia* spp y papaína pueden ser una alternativa viable para el control de malas hierbas cuando se aplica en las primeras etapas de desarrollo de la maleza (10 a 15 días de edad). La efectividad se los bioherbicidas se mejora significativamente cuando se mezcla con sulfato de amonio al 1.5% con relación al uso tradicional de coadyuvantes comerciales.

Agradecimientos y fuente financiadora

Estos resultados son parte de la actividad No. 19 del proyecto “ALTERNATIVAS AL USO DEL GLIFOSATO PARA EL CONTROL DE MALEZA EN MÉXICO 2024”. Proyecto Fiscal INIFAP. Número de SIGI: 12555536716.

Referencias bibliográficas

Carmona, R, Sayão, C.A.N.B. y Carvalho, P.R. 2001. Controle de *Acacia farnesiana* e de *Mimosa pteridofita* em pastagem. Pesqui Agropecu Bras 36:1301-1307.

Orozco-Santos, M. y Farías-Larios, J. 2014. Manejo Integrado de Maleza. p. 398-417. *In:* El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 449 p.

Orozco-Santos, M. y García-Mariscal, K.P. 2024. Evaluación de alternativas químicas y orgánicas al herbicida glifosato para el control de maleza en el cultivo de banano. Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia 1(1):527-533. https://doi.org/10.62498.ARTC.2467

Ramírez, S.G., & Rodríguez, C.J.C. 1996. Manual de producción de plátano para Tabasco y Norte de Chiapas. Folleto técnico No. 13. SARH, INIFAP, CIRGOC, Campo Experimental Huimanguillo. 82 p.

Roberts, J. Florentine, S, Fernando, WGD, Tennakoon, KU. 2022. Achievements, developments and future challenges in the field of bioherbicides for weed control: A global review. Plants, 11, 2242. https://doi.org/10.3390/

CARGA BACTERIANA EN LA SUPERFICIE DEL MELÓN (*Cucumis melo* L.)

Luis Maconetzín Isidro-Requejo[1*], Damián Torres-Henández[1], Francisco J. Pastor-López

[1]CELALA-INIFAP.
*Autor para correspondencia: isidro.luis@inifap.gob.mx

Palabras claves: Bacterias patógenas, cultivos, coliformes.

Introducción

México tiene un gran potencial para la producción de frutas y hortalizas. La inocuidad de los alimentos de origen vegetal destinados al consumo humano, se ha convertido en un elemento importante en los debates sobre la salud pública a nivel global. La inocuidad es la condición de garantizar que los alimentos no causen daño cuando se preparan y/o consuma en fresco (Froto *et al*., 2014). El fruto de melón se siembra y cosecha a ras de suelo y se puede contaminar por medio de agua negras durante el riego, animales silvestres, insectos, la cosecha, transporte, almacenamiento, venta y consumo (Isidro *et al*., 2019). Por tal motivo, tiene el riesgo de contaminarse por microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* typhi y paratyphi, *Shigella* spp, *Listeria monocytogenes*, Vibrio cholerae, *Cryptosporidium parvum*, o virus como el de Norwalk o de la Hepatitis, que pueden estar en la superficie (Froto *et al*., 2014).

Objetivo

Cuantificar la carga bacteriana presente en la superficie del melón en campo.

Materiales y métodos

Se realizaron tres muestreos en una huerta de melón en Matamoros Coahuila, México, entre los meses de Julio-Agosto de 2024. La huerta se dividió en cinco cuadrantes equidistantes, en cada punto se tomaron cinco melones en planta. Posteriormente, se colectaron cinco melones cosechados (camión o carretilla), una muestra de agua de riego de la noria, suelo y se tomaron muestras de las manos a tres cosechadores con hisopo embebido en solución salina. Los análisis microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Inocuidad Alimentaria y Valor Agregado del INIFAP-CELALA. Para la identificación de *Salmonella* spp. en base a la NOM-114-SSA1-1994 y para el recuento de Coliformes totales y fecales fue en base a la NOM-113-SSA1-1994.

Resultados y discusión

Las frutas como los melones, ricas en azúcares y otros nutrientes, pueden favorecer al crecimiento significativo de bacterias patógenas debido a su cáscara rugosa que permite la adherencia y supervivencia de las bacterias. Asimismo, pueden ser potencialmente peligrosas si se manipulan incorrectamente provocando enfermedades gastrointestinales (Tseng *et al*., 2022). En el Cuadro 1 se muestran el recuento promedio de Coliformes.

Cuadro 1. Promedio de Coliformes totales (CT) y fecales (CF) en unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC) del fruto de melón en planta y cosechado, manos de cosechadores, agua de riego y suelo.

	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	CT	CF	CT	CF	CT	CF
Melón en planta*	5340	2585	6810	2037	6162	3137
Melón cosechado*	6325	4211	7971	3009	6892	3690
Manos de cosechadores**	89	25	75	38	45	20
Agua de riego*	0	0	0	0	0	0
Suelo***	1025	267	687	125	897	453

*UFC/mL, **UFC/cm^2, ***UFC/g

La contaminación por coliformes se detectó en melón en planta, cosechado, manos del cosechador y suelo, lo que significa que de manera natural el fruto se contamina por su contacto con el suelo y los cosechadores. Se observa que la carga microbiana se incrementa en el fruto cosechado debido a la

manipulación, desde el corte hasta su traslado al sitio de recolección (Cuadro 1). Estos datos concuerdan con los publicados por Isidro-Requejo *et al*. (2019) en donde se menciona que, en los frutos de melón cosechados se encontró la mayor contaminación por CT y CF debido a la manipulación del mismo.

Asimismo, se aislaron e identificaron bacterias en la superficie del fruto de melón en planta, cosechado, manos de los cosechadores y suelo, en agua de riego no se identificaron bacterias. Sin embargo, en todos los muestreos se identificó *Escherichia coli*, bacteria común del tracto digestivo de humanos y animales. Esta bacteria también se identificó en las manos de los cosechadores, por lo que son una fuente de contaminación directa en la superficie del fruto de melón entero (Cuadro 2).

Cuadro 2. Bacterias identificadas en el fruto de melón en planta y cosechado, manos de los cosechadores, suelo y agua de riego.

	Muestreo 1	**Muestreo 2**	**Muestreo 3**
	Bacterias identificadas		
Melón en planta	*Aerobacter* spp *Shigella* spp *Klebsiella* spp *Providencia* spp *Citrobacter* spp *Pseudomona* spp *E. coli*	*Aerobacter* spp *Providencia* spp *Citrobacter* spp *Pseudomona* spp *E. coli*	*Aerobacter* spp *E. coli* *Klebsiella* spp *Pseudomona* spp
Melón cosechado	*Aerobacter* spp *Shigella* spp *Klebsiella* spp *Providencia* spp *Citrobacter* spp *E. coli*	*Aerobacter* spp *Providencia* spp *Citrobacter* spp *E. coli*	*Aerobacter* spp *E. coli* *Klebsiella* spp
Manos	*E. coli* *Klebsiella* spp	*E. coli* *Providencia* spp	*E. coli* *Citrobacter* spp
Agua de riego	Ausente	Ausente	Ausente
Suelo	*Pseudomona* spp	*Pseudomona* spp	*Pseudomona* spp

En este estudio se detectó que el agua de riego de noria no es un factor para la contaminación microbiológica del melón, influyendo más en el aspecto las condiciones ambientales (viento que propicia el movimiento de coliformes y bacterias) y la manipulación del fruto por los cosechadores. Aunque se identificaron bacterias como *Shigella* spp y *Escherichia coli*, no se aisló a *Salmonella* spp, causante del cierre de la frontera de Estados Unidos al melón mexicano en 2023 (Vaqueo, 2023).

Conclusiones

La manipulación del melón durante la cosecha, es una actividad que significa un peligro para la contaminación microbiológica en la superficie del fruto debido a la falta de higiene de operarios, y a las condiciones ambientales, ya que este cultivo se realiza a campo abierto.

Referencias bibliográficas

1. Froto M.M.L., Fernández M.S.G., Chavira Z.M.A., Ramírez P.M., Jiménez D.F., Chew M.Y.I., Cano R.P., Magallanes C.E., García R.L.A., Rodríguez O.A.I. 2004. Contaminación Microbiológica y su Relación con la Inocuidad del Fruto del Melón en la Comarca Lagunera. Congreso de Inocuidad Alimentaria. Noviembre de 2003, Monterrey N.L. México. Edición Especial No. 5-2004.
2. Isidro-Requejo, L.M., Figueroa-González, J.J., Maldonado-Jáquez, J.A.; Hernandez-Gonzalez, L.E. 2019. Recubrimientos biodegradables para el control de microorganismos patógenos para la conservación de la calidad del melón (*Cucumis melo* L.) de la Comarca Lagunera. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 4: 125-132.
3. Norma Oficial Mexicana. NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Métodos para Cuenta Microorganismos Coliformes Totales en Placa.

4. Norma Oficial Mexicana. NOM-114-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la Determinación de Salmonella en Alimentos.
5. Vaquero, S.J. 2023. México cierra la planta de procesamiento de melones relacionada con las muertes por salmonelosis en Canadá y E.U. https://elpais.com/mexico/2023-12-16/mexico-cierra-la-planta-de-procesamiento-de-melones-relacionada-con-las-muertes-por-salmonelosis-en-canada-y-ee-uu.html.

EVALUACIÓN *in vitro* INHIBICIÓN DE AISLAMIENTOS DE *Trichoderma* ENDÓFITOS NATIVOS DE MORELOS

Petra Andrade-Hoyos[1], Angel Gabriel Gómez-García[2*], Eduardo Molina-Gayosso[2*], José Alberto Urrieta-Velázquez[3], Gloria Sarahi Castañeda-Ramírez[4], Pedro Fabián Grifaldo-Alcántara[5], Edgar Dantán-González[4], Mally Naty Rivera-Jiménez[6]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Zacatepec. Carretera Zacatepec-Galeana s/n, km 0.5, Colonia IMMS, Zacatepec 62780, C.P. Morelos, México; [2]Universidad Politécnica de Puebla, Tercer Carril del Ejido, Serrano s/n, Cuanalá, 72640 Puebla, Puebla; [3]Agricultura Protegida. CENID-RASPA, INIFAP. Margen Derecho Canal de Sacramento Km. 6.5 Margen derecho canal de Sacramento S/N, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango, México. [4]Centro de investigación en Biotecnología (CEIB - UAEM), avenida Universidad 1001, Chamilpa, 62210 Cuernavaca, Morelia; [5]Centro universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Departamento de Producción Agrícola. Av. Independencia Nacional # 151, Autlán de Navarro, Jalisco, C.P. 48900, México; [6]Agrosistemas mg S. A. de C. V./Biosoluciones orgánico minerales, Dirección de Investigación Agrícola, Villahermosa, Tabasco, México.
*Autor para correspondencia: angel_ga_go_ga@hotmail.com; eduardo.molina@uppuebla.edu.mx

Palabras clave: *Trichoderma*, inhibición, *in vitro*.

Introducción

Las enfermedades en plantas causadas por hongos, bacterias, y nematodos limitan la producción agrícola en México, causando pérdidas significativas en cultivos de importancia económica. Para el control de estos fitopatogenos se utilizan agroquímicos de manera intensiva, lo que genera resistencia genética, riesgos a la salud humana, la seguridad alimentaria y el ambiente (Mukhopadhyay y Kumar, 2020). El control biológico es una alternativa sostenible y eficiente, reduce el impacto negativo de los agrotóxicos sobre los agroecosistemas y la salud pública. Dentro de los agentes de biocontrol más estudiados y utilizados se encuentra el género *Trichoderma*, el cual es un hongo saprófito y simbionte oportunista, que habitan en suelos agrícolas, residuos vegetales y la rizósfera (Hermosa *et al*., 2014). Estos hongos presentan mecanismos como el micoparasitismo, la competencia por espacio y nutrientes, y la producción de compuestos antimicrobianos y enzimas líticas (Harman *et al*., 2004; Ferreira y Musumeci, 2021 y Druzhinina *et al*., 2011). La aplicación de *Trichoderma* spp. en la agricultura ha sido efectiva contra fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*, reduciendo el uso de fungicidas químicos y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles. Diferentes especies como *T. harzianum*, *T. koningii*, *T. viride*, *T. atroviride* y *T. hamatum* se encuentran entre las más utilizadas por su potencial antagonista frente a diferentes enfermedades. Por tanto, la demanda de productos comerciales basados en *Trichoderma* se ha incrementado en el mercado global de bioinsumos. A medida que se intensifica su uso, surge el tema de investigación que plantea la capacidad de coexistencia entre diferentes especies de *Trichoderma* para interactuar en un mismo medio de reproducción o sustrato, es decir, la interacción *Trichoderma* vs. *Trichoderma*, información de importancia para formuladores y productores debido a las características que este hongo desarrolla durante su establecimiento, tales como competencia, antagonismo o hiperparasitismo entre cepas del mismo género. Estas interacciones pueden reducir o incrementar la eficacia de las formulaciones multicepa, afectando su desempeño y persistencia en campo. El presente artículo tiene como objetivo evaluar y analizar las interacciones entre diferentes cepas de *Trichoderma in vitro*, con el fin de identificar posibles sinergias o antagonismos que permitan seleccionar cepas capaces de coexistir para diseñar formulaciones de Bioinsumos qué resulten en mayor eficacia en el control fitosanitario.

Materiales y métodos

Se realizaron pruebas duales entre seis cepas de *Trichoderma* siguiendo la técnica de cultivo dual de Dennis y Webster (1971), se utilizaron placas Petri (90 x 15 mm) con medio papa dextrosa agar (PDA), en las cuales se colocó en los extremos opuestos de la placa un disco de agar de 5 mm de diámetro con el hongo de *Trichoderma*; el crecimiento micelial se midió cada 24 h (el crecimiento se midió a partir de los discos), previamente se trazó una línea diagonal-horizontal en la placa Petri para medir en milímetros el desarrollo de cada cepa (Gaddeyya *et al*., 2012) hasta su confrontación durante 72 y 96 h. Las placas Petri se sellaron con Parafilm y se incubaron a 34 °C, cada tratamiento se realizó por triplicado. Para evaluar la

interacción confrontativa entre cepas de *Trichoderma*, se modificó la ecuación de porcentaje de inhibición de crecimiento radial (PICR) de Skidmore y Dickinson (1976), por lo que ajustando los términos quedaría como porcentaje de inhibición entre Microorganismos de Control (PIEMCB):

$$PICR = PIEMCB = \frac{T_{C1} - T_{R1}}{T_{C1}} \times 100\%$$

Los resultados de porcentaje de inhibición de crecimiento de los microorganismos de control se sometieron a análisis de varianza (ANDEVA) y para identificar las diferencias estadísticas significativas se usó una prueba de medias Tukey ($p< 0.05$), mediante el paquete estadístico Statistical Analysis Software (SAS) v.9 para Windows®.

Resultados y discusión

Durante la evaluación de la interacción confrontativa de las cepas de *Trichoderma*, estas mostraron el patrón típico de crecimiento concéntrico. Los porcentajes de inhibición de todas las cepas en estudio presentaron un rango de inhibición de 7.5 a 38.6 %, donde los porcentajes de inhibición más altos fueron los confrontamientos entre *Trichoderma* sp. (TT) que se encuentran entre el 27.9 y 38.6 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de inhibición del crecimiento entre microorganismos de control de los diferentes aislamientos de *Trichoderma* contra *Trichoderma*.

Tratamientos con resultados relevantes	***PIEMCB (%)**	
Trichoderma sp. (TC1) vs *Trichoderma* sp. (TC2)	22	Ab
Trichoderma sp. (TC1) vs *Trichoderma* sp. (TT)	27.9	A
Trichoderma sp. (TC1) vs *Trichoderma* sp. (TJ)	23.3	Ab
Trichoderma sp. (TC2) vs *Trichoderma asperellum* (TA)	20.4	Bc
Trichoderma sp. (TC2) vs *Trichoderma* sp. (TT)	36.3	A
Trichoderma sp. (TC2) vs *Trichoderma* sp. (TJ)	26.9	Ab
Trichoderma sp. (TC3) vs *Trichoderma* sp. (TC2)	23.3	Ab
Trichoderma sp. (TC3) vs *Trichoderma* sp. (TT)	33.3	A
Trichoderma sp. (TC3) vs *Trichoderma* sp. (TJ)	25	Ab
Trichoderma asperellum (TA) vs *Trichoderma* sp. (TC2)	20	B
Trichoderma asperellum (TA) vs *Trichoderma* sp. (TT)	38.6	A
Trichoderma asperellum (TA) vs *Trichoderma* sp. (TJ)	22.4	B
Trichoderma sp. (TT) vs *Trichoderma* sp. (TC1)	16.2	Ab
Trichoderma sp. (TT) vs *Trichoderma* sp. (TC2)	20.6	A
Trichoderma sp. (TT) vs *Trichoderma* sp. (TJ)	21.7	A
Trichoderma sp. (TJ) vs *Trichoderma* sp. (TC1)	19.3	C
Trichoderma sp. (TJ) vs *Trichoderma* sp. (TC2)	26.6	B
Trichoderma sp. (TJ) vs Trichoderma sp. (TT)	36.9	A

*PIEMCB: Porcentaje de inhibición entre microorganismos de control biológico, *Cada dato es promedio de tres repeticiones, las letras minúsculas indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey (α=0.05).

En el confrontamiento en general de las diferentes cepas de *Trichoderma* observado en la evaluación *in vitro* durante el crecimiento del micelio en la prueba dual, se forma una línea recta que delimita el crecimiento entre ambas (Figura 1), sin mostrar inhibición aparente y sin colonizarse unas a otras, como ocurre en el caso de los confrontamientos de fitopatógenos con *Trichoderma*, donde se observa deformación de la circunferencia en las áreas que entran en contacto con el micelio de *Trichoderma*, que crece de manera invasiva colonizando al fitopatógeno. El comportamiento que muestra el enfrentamiento de las distintas cepas de *Trichoderma* puede explicarse debido a los mecanismos de control biológico que mencionan Ferreira y Musumeci (2021) y Mukhopadhyay y Kumar (2020), pues no se inhiben directamente, debido a que ambos producen metabolitos activos de bajo peso molecular, antibióticos o enzimas líticas, además no modifican entre ellos su morfología, por lo que se infiere que la inhibición se presenta más bien por la competencia del espacio y los nutrientes del medio y la tasa de desarrollo de cada cepa.

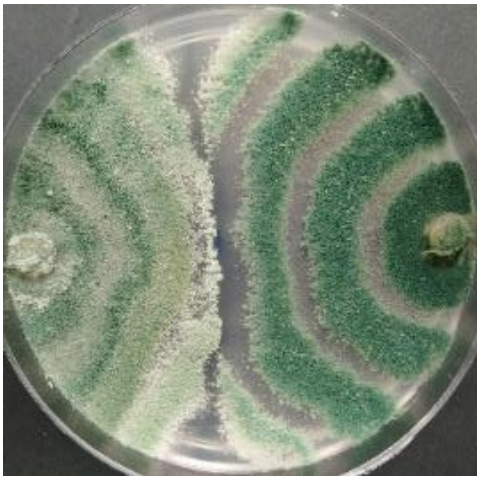


Figura 1. Pruebas duales *Trichoderma* vs *Trichoderma.*

Conclusiones

Las cepas de *Trichoderma* presentaron porcentajes de inhibición entre el 7.5 y el 38.6 % en la prueba dual, lo cual ocurre, según los resultados obtenidos en este estudio, por competencia por espacio y nutrientes y por su alta tasa de desarrollo, pues esta inhibición no es invasiva al presentar una línea límite entre cada cepa. Por lo anterior, se concluye que las diferentes especies de *Trichoderma* aquí evaluadas pueden coexistir entre ellas toda vez que el medio de bioinoculación o sustrato de reproducción ofrezca suficiente espacio y nutrientes para su desarrollo, pues no representan antagonismo entre sí. Esta información es útil para elaborar consorcios microbianos que contemplen diferentes especies de *Trichoderma* en su formulación y obtener de cada una la protección fitosanitaria idónea en el aspecto de biocontrol en campo e invernadero.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores expresan su agradecimiento al personal técnico del laboratorio de Microorganismos del INIFAP por su valiosa asistencia durante el desarrollo experimental de este estudio. Se extiende un especial reconocimiento a quienes colaboraron en la recuperación y preservación de los microorganismos utilizados en las pruebas *In vitro*. Asimismo, se declara que la fuente de financiamiento del presente estudio es de carácter propio.

Referencias bibliográficas

Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B. A., Kenerley, C. M., Monte & Kubicek, C. P. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology, 9*(10), 749–759. https://doi.org/10.1038/nrmicro2637

Ferreira, F.V., Musumeci, M.A. *Trichoderma* as biological control agent: scope and prospects to improve efficacy. World J Microbiol Biotechnol 37, 90 (2021). https://doi.org/10.1007/s11274-021-03058-7

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56. https://doi.org/10.1038/nrmicro797

Hermosa, R., Cardoza, R. E., Rubio, M. B., Gutiérrez, S. & Monte, E. 2014. Secondary Metabolism and Antimicrobial Metabolites of *Trichoderma*. Biotechnology and Biology of *Trichoderma*, 10: 125–137. doi:10.1016/b978-0-444-59576-8.00010-2

Mukhopadhyay, R., Kumar, D. *Trichoderma*: a beneficial antifungal agent and insights into its mechanism of biocontrol potential. Egypt J Biol Pest Control 30, 133 (2020). https://doi.org/10.1186/s41938-020-00333-x

VALIDACIÓN DEL USO DE FOSFITO DE POTASIO PARA RECUPERACIÓN DE PLANTACIONES DE FRESA ESTABLECIDAS EN SUELOS INFESTADOS POR MICROORGANISMOS CAUSANTES DE "SECADERA DE PLANTAS"

Victor Manuel Coria-Avalos[1]*, Rosalba Lira-Ortiz[1] y Rosa Gabriela Coria-Mora[1]

[1]Campo Experimental Uruapan. INIFAP. [2]Fac. de Agrob. Presidente Juárez. UMSNH.
*Autor para correspondencia: coria.victormanuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Fragaria ananassa*, *Neopestalotiopsis rosae*, manejo.

Introducción

El estado de Michoacán es el productor de fresa más importante a nivel nacional, con 5,255 hectáreas cultivadas en el año 2020, de las cuales se cosecharon 38,248 toneladas, con rendimiento promedio de 54.93 t ha^{-1} (SIAP, 2024). En los últimos años ha surgido un problema de "secadera de plantas" ocasionada por *Neopestalotiopsis rosae* (Rebollar-Alviter *et al*., 2020) que ocasiona muerte de plantaciones enteras en Michoacán, Guanajuato y otros estados del centro-sur del país. Como alternativa para manejo del problema Coria *et al*. (2024) evaluaron un paquete tecnológico que incluyó la desinfección de suelo con dióxido de cloro y posteriores aplicaciones de fosfito de potasio logrando recuperación fitosanitaria altamente significativa, así como evidente potencialización productiva de las plantas. Con base en lo anterior, se estableció una parcela de validación del paquete tecnológico en la recuperación fitosanitaria y productiva en una parcela de fresa establecida en suelos infestados por *Fusarum oxysporum* y *Neopestalotiopsis rosae* causantes de pudrición de raíces y corona en la planta.

Materiales y métodos

La parcela de validación se estableció el 17 de marzo de 2025 en un huerto comercial de fresa 'Frontera', en etapa de fructificación normal y con síntomas evidentes de daño en la raíz y corona de las plantas. Se ubica en la localidad La Sauceda, municipio de Zamora, Michoacán, en las coordenadas geográficas 20º 05' 31.4" LN y 102º 21' 03.3", a 1,559 msnm. En la validación fueron utilizados tres túneles con cinco camas de siembra cada uno, establecidas a doble hilera, de 20 m de largo y 0.80 m de ancho cada una.

La tecnología en validación fue generada para plantaciones de fresa recién trasplantadas en suelos infestados por N. rosae y F. oxysporum, que incluso ya presenten síntomas de secadera de raíz y corona; la cual consiste en efectuar dos aplicaciones de dióxido de cloro aplicadas en "drench" y posteriormente continuar con dos aplicaciones foliares de fosfito de potasio. Los insumos y forma de aplicación de los componentes tecnológicos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Validación de tratamientos con fosfito de potasio para recuperación de plantas de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) afectadas por "secadera de plantas".

Ingrediente activo	Presentación comercial	%	Dosis (L en 1000 L de agua)	Número de aplicaciones
1. Dióxido de cloro	SQ-2®	3	1.0	2
2. Fosfito de potasio	Nutri-Phite® P+K		2.0	2
2. Tecnología del productor	---	---	---	---

En dos túneles se aplicó la tecnología generada por Coria *et al*. (2024) para su validación, mientras que en el tercer túnel se utilizó la tecnología del productor. En el surco central de cada una de las parcelas fueron elegidas 10 plantas, a las cuales se les colocó una etiqueta de identificación en el tiempo que duró la prueba para cuantificar la severidad de la enfermedad con base en la escala siguiente: 1) Planta aparentemente sana. 2) Planta con presencia de hojas moteadas. 3) Planta con hojas moteadas, parcial o totalmente secas e inicio de daño en la corona. 4) Follaje muerto y corona altamente dañada. 5) Planta muerta. En las mismas fechas de muestreo, se cuantificó el número de frutos por planta. La medición de los dos parámetros de evaluación se realizó en cada una de las fechas de muestreo.

Se realizó un muestreo previo a la aplicación del tratamiento y cuatro muestreos posteriores a 14, 28, 42 y 56 días después de la primera aplicación (DDA). Posterior al muestreo de 14 DDA se realizó segunda aplicación de dióxido de cloro; las aplicaciones con fosfito de potasio se realizaron a 28 y 42 DDA, como

se describe en el Cuadro 1. Los datos de campo fueron sometidos a un análisis de varianza para determinar diferencias entre los tratamientos y posteriormente, se sometieron a una prueba de comparación de medias de Tukey (α=0.05). Previo a la aplicación del tratamiento se tomaron muestras de plantas que manifestaban los síntomas de daño por la enfermedad predominantes en la plantación, las cuales fueron llevadas al laboratorio para su aislamiento e identificación taxonómica.

Resultados y discusión

Severidad de la enfermedad. En el muestreo previo se cuantificó un nivel de daño 3.375 (std=0.52) en la escala utilizada (Cuadro 2), lo que indica presencia de plantas con hojas moteadas, parcial o totalmente secas e inicio de daño en la corona, en todas las plantas de la parcela de validación (Pr > F=0.3910); a partir de 14 DDA se observó diferencia altamente significativa en la recuperación fitosanitaria de las plantas sometidas al tratamiento (Pr > F=0.0029) en las cuales solo era evidente la presencia de hojas moteadas y sin daño aparente en la corona; mientras que en la parcela testigo, hubo hojas moteadas, otras hojas ya estaban secas y con inicios de daño en la corona de la planta. Para las fechas de muestreo de 28, 42 y 56 DDA se potencializó diferencia estadística altamente significativa (Pr > F=0.0029, 0.0032 y 0.0032 respectivamente); en la parcela tratada con fosfito de potasio, las plantas de fresa se encontraban aparentemente sanas y con mínima presencia de hojas moteadas, mientras que en la parcela con manejo del productor las plantas conservaron la presencia de hojas moteadas, abundantes hojas secas y en algunas plantas eran evidentes las pudriciones en la parte de la corona. La presencia de los patógenos *N. rosae* y *F. oxysporum* fue confirmada en el muestreo previo, así como al final de la actividad de validación, lo que sugiere activación de las defensas naturales de la planta en presencia del fosfito de potasio.

Cuadro 2. Severidad de la enfermedad “secadera de plantas” con tratamiento en validación de fosfito de potasio en el cultivo de fresa *Fragaria ananassa* Duch. Zamora, Michoacán. 2025.

Tratamiento	Días después de la primera aplicación (DDA)				
	0	14	28	42	56
Fosfito de potasio	3.50 a	1.50 b	1.25 b	1.25 b	1.25 b
Testigo del productor	3.25 a	3.75 a	3.50 a	3.75 a	3.75 a

*Número total de frutos por planta***.** Para el muestreo previo, bajo las condiciones de manejo realizadas por el productor se cuantificaron 14.875 (std=2.1) frutos por planta, lo que puede ser considerado como producción baja que se explica por la mala la condición fitosanitaria de las plantas; para 14 DDA en concordancia con el mejoramiento en la sanidad de las plantas obtenido con la primera aplicación de dióxido de cloro, se cuantificó la presencia de 30.5 frutos totales por planta en la parcela; mientras que en las plantas de la parcela del productor se cuantificaron apenas 13 frutos (Cuadro 3), lo que denota diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos (Pr > F=0.0260). Para las fechas de muestreo de 28, 42 y 56 DDA, en las parcelas con el tratamiento se preservó diferencia estadística altamente significativa (Pr > F=0.0501, 0.0030 y 0.0016 respectivamente); con producción de 30.5, 39.0 y 42.5 frutos totales por planta, en tanto que la parcela del productor apenas generó 15,0, 11.0 y 17.0 frutos para las mismas fechas de muestreo.

Cuadro 3. Número de frutos totales por planta con tratamiento en validación de fosfito de potasio en el cultivo de fresa *Fragaria ananassa* Duch. Zamora, Michoacán. 2025.

Tratamiento	Días después de la primera aplicación (DDA)				
	0	14	28	42	56
Fosfito de potasio	18.25 a	30.50 b	30.50 a	39.00 b	42.50 b
Testigo del productor	16.00 a	13.00 a	15.00 a	11.00 a	17.00 a

Al correlacionar el impacto en la recuperación fitosanitaria de las plantas, contra el número de frutos totales producidos por planta (independientemente de su estado de madurez), previo a la aplicación del tratamiento, las plantas presentaban síntomas evidentes de daño fitosanitario, con hojas moteadas, parcial o totalmente secas e inicio de daño en la corona, con una producción promedio de 17 frutos por planta; a partir de las dos aplicaciones con dióxido de cloro y posteriores aplicaciones con fosfito de potasio, la severidad de la enfermedad se redujo en las plantas, de tal forma que para 56 DDA se encontraban aparentemente sanas, en concordancia con la mejora fitosanitaria, la producción de frutos fue aumentando

de manera sostenida y para 56 DDA se cuantificó la presencia de 33.5 frutos por planta (Figura 1), lo que indica una correlación negativa bastante fuerte (r=-0.9042); es decir que la disminución en la severidad de la enfermedad inducida a la planta por el tratamiento en validación, aumenta la capacidad productiva de la planta; mientras que en la parcela con el manejo del productor, no se observaron cambios ni en la condición fitosanitaria, ni en la producción de frutos por planta.

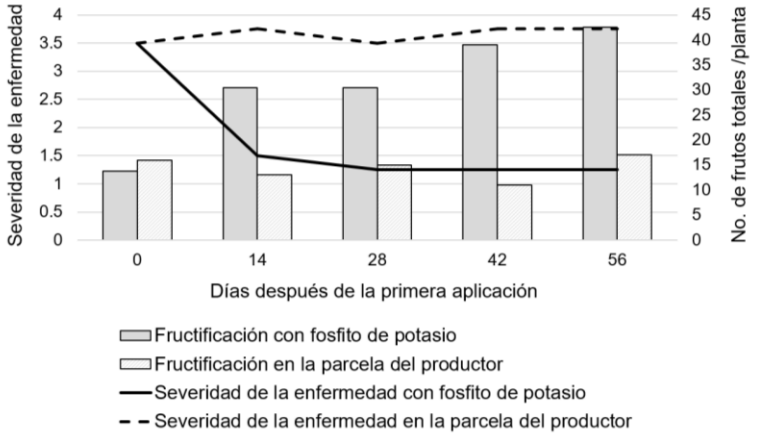


Figura 1. Severidad de “secadera de plantas” de fresa e intensidad en la fructificación con tratamiento en validación de fosfito de potasio. La Sauceda, Zamora, Michoacán. 2025.

Conclusiones

La validación en la aplicación inicial con dióxido de cloro y posteriores aplicaciones de fosfito de potasio, fue de alto impacto en la recuperación fitosanitaria de plantas de fresa con síntomas evidentes de daño por pudrición de raíces y corona, enfermedad identificada como “secadera de plantas”. Se logró inducir una condición aparentemente sana a partir de 42 DDA, lo que denota activación de las defensas naturales de la planta, ya que al final de la prueba, los análisis de laboratorio confirmaron la presencia en el suelo de *N. rosae* y *F. oxysporum.* De forma paralela al proceso de recuperación fitosanitaria de las plantas, también se incrementó la fructificación, pasando de un valor previo de 17 a 33.5 frutos totales por planta a 52 DDA, mientras que en la parcela con manejo del productor la producción al término de la validación fue de 17 frutos por planta, lo que significa un incremento del 197% en la producción con la aplicación del componente tecnológico en validación.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP por el financiamiento otorgado para validación de la tecnología.

Referencias bibliográficas

Baggio, S.J.; Forcelini, B.B.; Wang, Y.N.; Ruschel, G.R.; Mertely, C.J. and Peres, A.N. 2021. Outbreak of Leaf Spot and Fruit Rot in Florida Strawberry Caused by Neopestalotiopsis spp. Outbreak of Leaf Spot and Fruit Rot in Florida Strawberry Caused by Neopestalotiopsis spp. Plant disease. 105:305-315.

Coria A.V.M; Lira O.R.; Coria M.R.G. y Domínguez S.J. 2024. Alternativas para recuperación fitosanitaria de plantaciones de fresa (Fragaria ananassa Duch.) afectadas por Neopestalotiopsis rosae en Zamora, Michoacán. XIV Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Aguascalientes, Ags. 23 al 26 de octubre de 2024. p. 629-631.

Rebollar-Alviter, A., Silva-Rojas, H.V.; Fuentes-Aragón, D.; Acosta-González, U.; Martínez-Ruíz, M., and Parra-Robles, B.E. 2020. An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by Neopestalotiopsis rosae in Mexico. Plant Disease. 104:2054-2059.

Statistical Analysis System (SAS) 9.4. 2023. SAS Institute Inc. Cary, NC 27513, USA.

SIAP. 2024. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por cultivo. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do (Consulta: 06 de junio de 2025).

SUPRESIÓN CON BIOPLAGUICIDAS DE LARVAS DE INSECTOS "DESCARNADORES DEL FRUTO" DE AGUACATE EN MICHOACÁN, MÉXICO

Victor Manuel Coria-Avalos[1]*, Rosa Gabriela Coria-Mora[1], Miguel B. Nájera-Rincón[1], Juan Antonio Herrera-Gonzalez[1]

[1]CE Uruapan-CIRPAC-INIFAP.
Autor para correspondencia: coria.victormanuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Persea americana*, plagas, control microbial.

Introducción

Para el año 2024, la superficie cultivada con aguacate en Michoacán fue de 175,012.31 ha, de las que se obtuvo una cosecha de 1'912,665.09 t de fruta (SIAP, 2025); el principal mercado para el aguacate en fresco, guacamole o pulpa es E.U.A., la exportación hacia este destino en el año 2023 fue de 1'182,391 t (SADER, 2025); la fruta candidata a exportar debe ser de excelente presentación cosmética; lo que incluye ausencia de daños al epicarpio por efecto de alimentación de larvas de insectos denominados como "descarnadores del fruto" que eventualmente lo afectan en su etapa de maduración (Coria, 2009); para control, los productores prefieren utilizar moléculas químicas de amplio espectro y mayor persistencia en campo, esto a pesar del impacto ambiental que generan, además del riesgo por presencia de residuos de plaguicidas en la fruta cosechada. Existen alternativas documentadas que demuestran la sensibilidad de larvas de insectos lepidópteros a diferentes microorganismos que están disponibles en el mercado, no residuales y con bajo impacto ambiental que permiten preservar la calidad de la fruta cosechada. El objetivo fue demostrar el impacto de supresión de estados inmaduros (larvas) de insectos "descarnadores del fruto" con bioplaguicidas registrados para su uso en aguacate.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en una plantación comercial de aguacate 'Hass', de 23 años de edad, ubicada en la localidad de Cutzato, mpio. de Uruapan, Michoacán, se estableció durante los meses de marzo y abril de 2025, lo que permitió cuantificar el impacto de los tratamientos sobre poblaciones de larvas de insectos "descarnadores del fruto" presentes en brotes vegetativos y/o ramas terminales de la planta en coincidencia con la etapa de maduración de la fruta en el árbol. Se empleó un diseño experimental "Bloques completos al azar" para evaluar el impacto de cuatro tratamientos descritos en el Cuadro 1, se utilizaron cuatro repeticiones de cada uno de ellos; la unidad experimental estuvo conformada por 1 árbol de aguacate.

Cuadro 1. Tratamientos de bioinsecticidas para supresión de larvas de insectos "descarnadores del fruto" (varias especies) en el cultivo de aguacate ´Hass´. Uruapan, Michoacán. 2025.

No.	Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis de producto formulado (1000 L agua)
T1	*Bacillus thuringiensis Var. Kurstaki*	DIPEL® DF	1.5
T2	*Beauveria bassiana*	SPECTRUM® Bea B	1.5
T3	*Metharhizium anisopliae*	SPECTRUM® Meta B	2.0
T4	Testigo absoluto	---	---

Se planteó efectuar dos aplicaciones de los tratamientos. El parámetro de evaluación de la efectividad biológica fue el número de larvas cuantificadas en 8 ramas terminales ubicadas en el lado sureste de los árboles, ya que es el área de la planta con mayor preferencia por la plaga. Se efectuó un muestreo previo al establecimiento del estudio para conocer la incidencia de larvas, recolectando especímenes para cría en laboratorio y posterior identificación en estado adulto con apoyo en las claves de identificación específicas del caso. Se efectuaron seis muestreos posteriores a la primera aplicación de tratamientos (DDA), estos fueron a 3, 7, 14, 21, 28 y 35 después. Posterior al muestreo de 14 DDA se realizó la segunda aplicación de tratamientos. Los datos obtenidos de sobrevivencia de la plaga, fueron sometidos a un análisis de varianza para un diseño en bloques completos al azar, utilizando el paquete SAS Ver. 9.4 (Statistical Análisis System, 2013), con la finalidad de determinar diferencias entre los tratamientos aplicados en

campo y posteriormente, fueron sometidos a una prueba de comparación de medias de Tukey (α=0.05), para ordenar la efectividad biológica de los tratamientos.

Resultados y discusión

a) Especies encontradas. De las larvas recolectadas en campo se obtuvieron adultos identificados como *Amorbia emigratella* Busk., *Argyrotaenia* sp, *Sabulodes aegrotata* y *OIketicus kirbyi* (Guilding, 1827). Larvas de *A. emigratella* y *Argyrotaenia* sp, morfológicamente son muy parecidas, lo que dificulta diferenciarlas en campo; en ambos casos tienen el hábito de movilizarse libremente, se alimentan de brotes vegetativos tiernos (Figura 1); en el caso de *S. aegrotata* las larvas son diferentes y como característica distintiva es que producen una seda que utilizan para adherir un par de hojas y habitan en medio de las hojas para su protección (Figura 2). Finalmente, las larvas de *O. kirbyi*, conocidas como "gusano canasta", por la construcción de un cesto o capullo y permanecen dentro de él para protegerse de las variables adversas del medio ambiente, únicamente asoman al exterior para alimentarse de las hojas (Figura 3).



Figura 1. Larva de *A. emigratella* alimentándose del follaje tierno de aguacate



Figura 2. Larva de *S. aegrotata* expuesta al separar dos hojas de aguacate.



Figura 3. Larva de O. *kirbyi* dentro del cesto y en actividad de alimentación en la hoja.

En el muestreo previo, la población fue $\bar{x}$=8.8125 (std=2.39) de larvas conjuntas de *A. emigratella* y *Argyrotaenia* sp; en tanto que la población de larvas de *A. aegrotata* y *O. kirbyi* fue de $\bar{x}$=2.625 (std=1.71). Para 3 DDA, se observó ligera supresión de *A. emigratella* y *Argyrotaenia* sp, con diferencia estadística no significativa entre tratamientos; siendo a 7 y 14 DDA cuando se expresó impacto de supresión altamente significativo (Pr>F = <0.0001) con similar efectividad de los tres bioinsecticidas; destaca *B. thuringiensis* que redujo la población prácticamente a cero (Figura 4); posterior a la segunda aplicación, en los tres tratamientos bioinsecticidas no se observó presencia de larvas.

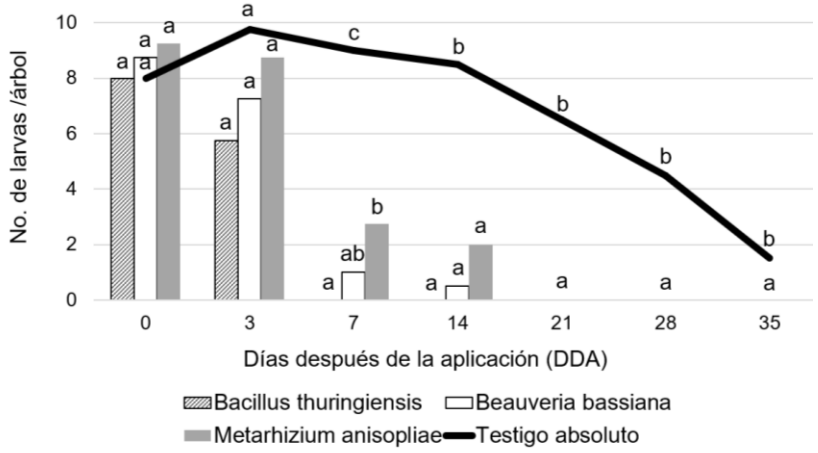


Figura 4. Impacto de bioinsectidas sobre larvas de *A. emigratella* y *Argyrotaenia* sp en follaje de ramas terminales en árboles de aguacate 'Hass'. Uruapan, Michoacán. 2025.

En el caso de larvas de *S. aegrotata* y *O. kirbyi*, para todas las fechas muestreo se cuantificó población ligeramente inferior en las parcelas tratadas con los bioinsecticidas, con diferencia estadística no significativa contra el testigo absoluto (Figura 5). Es probable que este resultado sea imputable al hábitat

de estas especies de insectos; las larvas de *S. aegrotata* quedan protegidas por las hojas que adhiere con la seda que produce (Figura 2), lo que impide que el rocío de la aspersión quede en contacto directo con las larvas y dado que la prueba se realizó durante la época de estiaje, no hay suficiente agua en el follaje que disperse los microorganismos hasta la ubicación de la larva. Finalmente, los cestos que produce *O. kirbyi* son sumamente fuertes e impermeables, y dado que la larva siempre se encuentra dentro del mismo (Figura 3), entonces es difícil que la aspersión con el bioplaguicida quede en contacto con la larva.

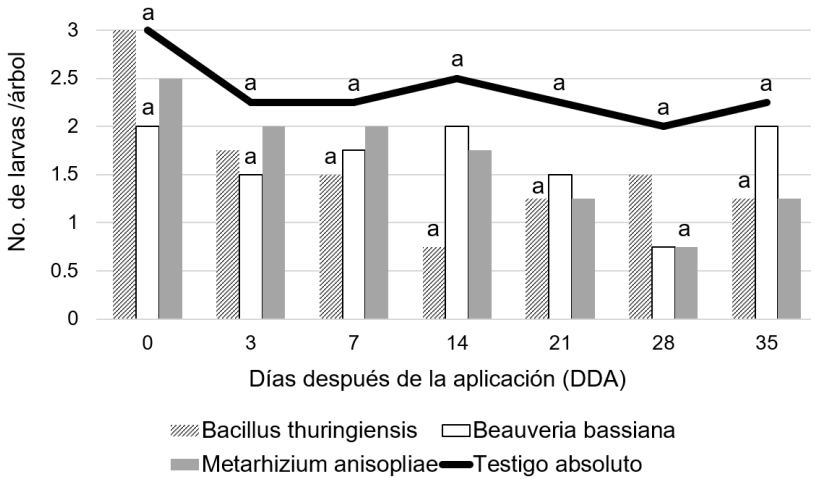


Figura 5. Impacto de bioinsectidas sobre larvas de S. aegrotata y O. kirbyi en follaje de ramas terminales en árboles de aguacate 'Hass'. Uruapan, Michoacán. 2025.

Conclusiones

En la aplicación de tratamientos dirigidos sobre la cubierta vegetal de árboles de aguacate cv. 'Hass', se encontró impacto altamente significativo con *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* en la supresión de larvas que presentan libre movilidad como son *Amorbia emigratella* y *Argyrotaenia* sp; con impacto de supresión ligeramente menor, también puede utilizarse *Beauveria bassiana* o *Metarhizium anisopliae.*

El uso de bioplaguicidas tuvo impacto no significativo en la supresión de larvas cuyo hábitat sea protegidos mediante la adhesión de hojas como es el caso de *Sabulodes* sp, o en larvas de insectos que producen canastas y habitan dentro de ellas como es el caso de *O. kirbyi.*

Fuente financiadora

Recursos fiscales INIFAP.

Referencias bibliográficas

Coria A.V.M. 2009. Plagas. *En:* Tecnología para la producción de aguacate en México. Coria A.V.M. (ed.). 2ª. Edición. 2a. Reimpresión. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Exp. Uruapan. 209 p.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2025. El aguacate mexicano. "El jugador más valioso" del super tazón. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/885638/Brochure_aguacate_2024.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2025. Avance de siembras y cosechas. https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/

Statistical Analysis Systems (SAS). 2013. SAS/STAT User's guide. SAS, Cary, N.C., USA.

EVALUACIÓN DEL EFECTO PROMOTOR DE CRECIMIENTO DE *Streptomyces* sp. 11AC Y SU INHIBICIÓN SOBRE *Sclerotium rolfsii* EN PLANTAS DE CHILE

Martínez-Derreza Ilian Arianette[1], Rodríguez-Kessler Margarita[2], Guerrero-González María de la Luz[1], Rodríguez-Guerra Raúl[3], Delgado-Sánchez Pablo[1*]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP. [2]Facultad de Ciencias, UASLP. [3]Campo Experimental General Terán, INIFAP.
*Autor para correspondencia: pablo.delgado@uaslp.mx

Palabras clave: Actinobacteria, agente biocontrol, PGPB.

Introducción

Los suelos poseen una gran diversidad de microorganismos, los cuales proliferan en el sistema radicular de las plantas. Las bacterias asociadas con la rizosfera establecen relaciones no patogénicas con sus hospederos y son capaces de activar mecanismos que benefician el crecimiento y desarrollo de las plantas; además, promueven la resistencia a diversos tipos de estrés biótico y abiótico. Las relaciones patogénicas se caracterizan por la invasión y daño a la planta por parte del microorganismo fitopatógeno, causando enfermedades, afectando la producción y rendimiento de los cultivos (Das *et al*., 2022). *Sclerotium rolfsii* es un hongo del suelo que causa la pudrición de la planta en una amplia variedad de cultivos, tanto dicotiledóneas como monocotiledóneas. *S. rolfsii* forma estructuras de resistencia denominadas esclerocios, los cuales le permiten su supervivencia y fácil diseminación por largos periodos de tiempo en el suelo; haciendo de su control un reto importante para la agricultura debido a su resistencia también a fungicidas químicos (Paparu *et al*., 2020) En los últimos años el uso de microorganismos benéficos para mitigar y contrarrestar enfermedades fúngicas ha tomado relevancia, en especial el uso de actinobacterias debido a su capacidad para producir compuestos bioactivos involucrados en el desarrollo vegetal y control de fitopatógenos (José *et al.,* 2021).

Objetivo

Evaluar el efecto de compuestos difusibles y volátiles de *Streptomyces* sp. 11AC contra *Sclerotium rolfsii* en plantas.

Materiales y métodos

Para determinar el efecto de compuestos difusibles y volatiles producidos por la cepa *Streptomyces* 11AC, se inoculó la cepa en cajas Petri con Agar Nutritivo (AN) e incubaron a 32 ± 2°C durante siete días. Tras el periodo de incubación, en cada extremo de la caja se colocó un fragmento de colonia de 7 mm de SR. Para la evaluación del efecto de los volatiles, se empleo un sistema dual, donde se inoculó el fitopatógeno y la cepa 11Ac por separado y una vez crecidos se sellaron una frente a la otra y se incubaron a 25 ± 2°C durante 72 h. El crecimiento radial de los fragmentos de fitopatógenos se evaluó a las 24, 48 y 72 h (*n=6).* Para la evaluación de simbiosis planta-*Streptomyces* vs. *S. rolfsii*, se usaron: i) semillas de *Arabidopsis thaliana* Col-0 fueron colocadas en cajas de petri con medio agar Murashige & Skoog 0.5x (pH 5.7) en cámaras de crecimiento con una temperatura de 20°C y un fotoperiodo de 16 h luz – 8 h oscuridad durante 7 días para su germinación. Cada tratamiento consistió en 10 semillas por caja de Petri (*n=3*); un tratamiento control absoluto, un control inoculado con un fragmento de *S. rolfsii*, un tratamiento inoculando la cepa 11AC vs *S. rolfsii* y el último tratamiento donde se inoculó 1 mL de los compuestos producidos y filtrados por la cepa 11AC vs *S. rolfsii*. Se evaluó el área foliar de las plantas haciendo uso del programa Image J. ii) semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) en charolas de germinación con una mezcla de peat moss, perlita y vermiculita (3:1:1) sin previa esterilización con la finalidad de simular las condiciones de los semilleros convencionales y se mantuvieron a una temperatura ambiente de 30ºC y riego a capacidad de campo en un invernadero de baja tecnología. Los tratamientos consistieron en un grupo control, un grupo inoculado con 5mL de una suspensión de $1x10^6$ UFC de *Streptomyces* 11 AC y un grupo inoculado con 5mL de los compuestos filtrados de la cepa 11AC, estos tratamientos se evaluaron en interacción con y sin el hongo *S. rolfsii* (*n=16*). Se analizaron parámetros morfológicos como altura de tallo y número de hojas, además de la cuantificacion de clorofilas, por medio del programa estadistico Statistic 7 a través de un ANOVA de dos vías.

Resultados y discusión

En el ensayo se evaluó la capacidad de antagonismo *in vitro* de la cepa *Streptomyces* 11AC frente a *S. rolfsii* (Figura 1A). Observamos una inhibición del crecimiento de SR en las zonas cercanas a la colonia de Streptomyces, indicando la producción de metabolitos antimicóticos que se difunden en el medio y en el caso de los compuestos volátiles, se obtuvo una reducción en el crecimiento del patógeno sin contacto directo entre los microorganismos, lo que sugiere la emisión de compuestos volátiles con capacidad antifúngica. La evaluación de la simbiosis planta-*Streptomyces* en *Arabidopsis thaliana,* arrojó que el tratamiento control sin *S. rolfsii* exhibieron un crecimiento uniforme del área foliar con una media de 0.35 cm^2, por el contrario, las plantas con *S. rolfsii* presentaron síntomas graves de la enfermedad como clorosis y marchitez foliar, lo que redujo considerablemente su área foliar a una media de 0.25 cm^2, representando una disminución del 28%($p<0.05$), además se aprecia la colonización de la placa por el hongo.

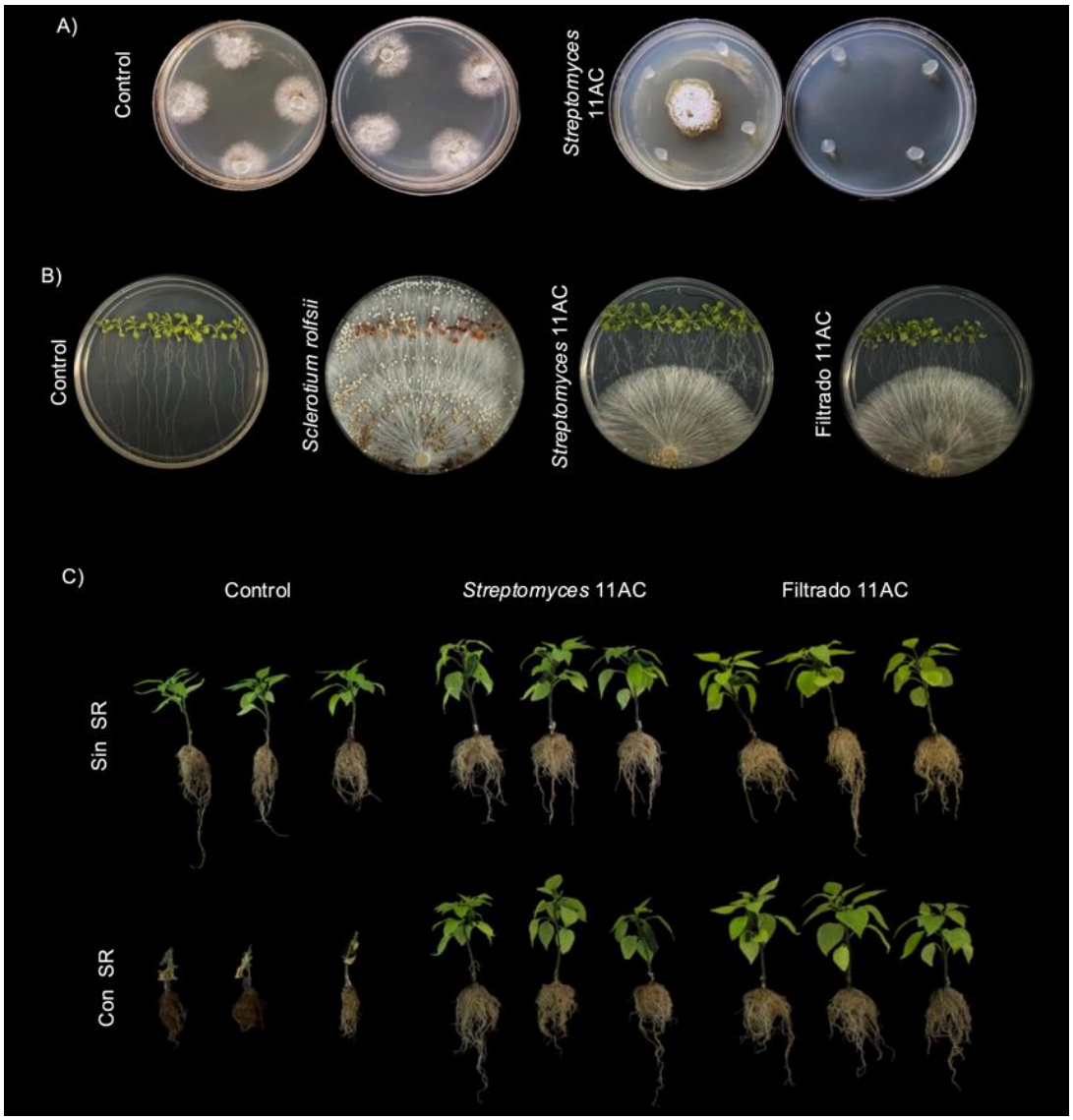


Figura 1. Evaluación del antagonismo de *Streptomyces* 11AC frente a *Sclerotium rolfsii* y su efecto en el desarrollo de plantas. A) Ensayo i*n vitro* del antagonismo mediante compuestos difusibles y volátiles *(n=6*). B) Efecto de la interacción con *Arabidopsis thaliana* en medio de cultivo MS control (izquierda), infección por *S. rolfsii* (centro), y tratamiento con *Streptomyces* 11AC y sus compuestos filtrados (derecha*)(n=30).* C) Evaluación en *Capsicum annuum* a los 85 días post-siembra: sin *S. rolfsii* (arriba) y con *S. rolfsii* (abajo), comparando control y tratamiento con *Streptomyces* 11AC y sus compuestos *(n=16)*

Las plantas que han sido tratadas con *Streptomyces* y sus compuestos mostraron un desarrollo significativo acompañado de una inhibicion visible del crecimiento de *S. rolfsii*, el tratamiento con la cepa 11AC aumentó el área foliar un 14% con respecto al control y un 60% (*p<0.05*), con respecto a *S. rolfsii.* Las plantas que fueron tratadas con actinobacterias experimentaron una disminución notable en la gravedad de los síntomas que pudiera ocasionar el fitopatógeno, presentando un desarrollo vigoroso y disminuyendo el desarrollo de *S. rolfsii* hasta en un 50% *(p<0.05*) (Figura 1B). La Figura 1C muestra plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) a los 85 días tras la siembra, en diferentes tratamientos experimentales con el objetivo de evaluar el impacto de *Streptomyces* en el crecimiento y la tolerancia al patógeno *S. rolfsii*. En el grupo control las plantas presentaron un crecimiento vigoroso con un promedio de 10 hojas, una longitud de tallo de 12 cm y un diametró de 4 mm, tomando lo anterior como referencia, el grupo que fue inoculado con SR presentó sintomas graves de la enfermedad, marchitez severa y disminuyendo drásticamente sus valores en donde el número de hojas disminuyó un 70% con tres hojas por planta, el largo un 58% y diámetro de tallo un 50%, con valores de 5 cm y 2 mm *(p<0.05*) respectivamente. Sin embargo el tratamiento con *Streptomyces* y sus compuestos destacaron por su capacidad para mitigar los efectos causados por *S. rolfsii;* los ejemplares alcanzaron medias de 10 hojas, longitudes de 9-11 cm y diámetros de tallo de 3-3.5 mm (*p<0.05*) influenciando el crecimiento y desarrollo de las plantas aún con la presencia de *S. rolfsii*, datos consistentes a los obtenidos a la interacción con plantas de *Arabidopsis thaliana* en donde se presentó un efecto promotor de crecimiento aún en presencia del fitopatógeno.

Conclusiones

Streptomyces 11AC demostró una alta capacidad antagonista contra *S. rolfsii* mediante la producción de compuestos difusibles y volátiles. Además, promovió el crecimiento vegetal y redujo significativamente los síntomas de la enfermedad en *Arabidopsis thaliana* y *Capsicum annuum*, incluso en presencia del patógeno. Estos resultados destacan su potencial como agente biocontrolador y promotor del crecimiento en aplicaciones agrícolas sostenibles.

Agradecimientos y fuente de financiamiento

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, bajo la dirección del Dr. Pablo Delgado Sánchez; en el Laboratorio de Interacción planta-microorganismo bajo la dirección de la Dra. Margarita Rodríguez y Domínguez Kessler y en el Laboratorio de Fitopatología del Campo Experimental General Terán del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIR- Noreste, bajo la asesoría del Dr. Raúl Rodríguez Guerra.

El proyecto de tesis contó con el apoyo del Proyecto: "Aprovechamiento de la biodiversidad microbiana contra problemas fitosanitarios de cultivos del área de influencia del CIR-Noroeste" (Número de proyecto: 13403834745).

Referencias bibliográficas

Das, P. P., Singh, K. R., Nagpure, G., Mansoori, A., Singh, R. P., Ghazi, I. A., Kumar, A., & Singh, J. (2022). Plant-soil-microbes: A tripartite interaction for nutrient acquisition and better plant growth for sustainable agricultural practices. *Environmental Research*, *214*, 113821. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113821

Jose, P. A., Maharshi, A., & Jha, B. (2021). Actinobacteria in natural products research: Progress and prospects. Microbiological Research, 246, 126708. https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126708

Paparu, P., Acur, A., Kato, F., Acam, C., Nakibuule, J., Nkuboye, A., Musoke, S., & Mukankusi, C. (2020). Morphological and Pathogenic Characterization of Sclerotium rolfsii, the Causal Agent of Southern Blight Disease on Common Bean in Uganda. *Plant Disease*, *104*(8), 2130-2137. https://doi.org/10.1094/pdis-10-19-2144-re

EVALUACIÓN DEL QUITOSANO Y LAMINARINA DURANTE LA ETAPA DE PRECOSECHA EN EL CULTIVO DE FRESA

Hebe Josselyn Corza-Méndez, Juan Antonio Herrera-González*, Rosalba Lira-Ortiz y Alejandra Mondragón-Flores

*Campo Experimental Uruapan, CIRPAC, INIFAP.
*Autor para correspondencia: herrera.juanantonio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Fragaria ananassa,* inductores de resistencia, precosecha.

Introducción

En México la producción de fresas frescas coloca a nuestro país en el tercer lugar a nivel mundial con 639 mil toneladas tan sólo en el periodo 2016 a 2020. Los principales estados productores de fresas son Michoacán (431 miles de ton), Baja California (123 miles de ton), y Guanajuato (79 miles de ton). Además, Michoacán cuenta con una participación a nivel nacional de 65.9 por ciento, y destacan los municipios de Zamora, Tangancícuaro y Jacona con 32.2 por ciento, 16 por ciento y 11.8 por ciento de la producción estatal respectivamente. La mayoría de la producción se destina a Estados Unidos (87.79%) (SIAP & SADER, 2020). El cultivo de fresa es susceptible a diversas enfermedades y plagas, lo que afecta significativamente la producción y la calidad de la fruta. En la actualidad, el control de enfermedades y plagas en el cultivo de fresa se basa principalmente en el uso de pesticidas químicos, lo que llega a tener impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana (Miranda-contreras & Balza-quintero, 2015). El quitosano es un biopolímero de quitina que se encuentra en el exoesqueleto de los crustáceos, tiene efecto fungicida, induce mecanismos de defensa y formación de películas. Es entre las oligosacarinas el más estudiado, y de mayor aplicación en el campo de la agricultura de pre y postcosecha. Posee características esenciales en su actividad biológica que lo hacen deseable en este campo (Kessel, 2018). La laminarina es un polisacárido extraído de las algas marinas. También se ha reportado su efecto inductor de mecanismos de defensa y antifúngicos (Falcón Rodríguez *et al*., 2015). Ambos productos han sido probados en fresa y se ha reportado que ambos han tenido un efecto bioestimulante que favorece el crecimiento y desarrollo de la planta de fresa, pero la información es escasa y dispersa. El objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto del quitosano y la laminarina, individual y combinado, sobre las plantas de fresa durante la etapa de precosecha, para mejorar la fenología, sanidad de la planta y la calidad del fruto.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un huerto comercial ubicado en la localidad de Ojo de Agua, en el municipio de Zamora, Michoacán (20°03'14.5"N, 102°15'07.7"W).

Los tratamientos utilizados fueron: quitosano al 1%, laminarina al 1.5%, combinación de quitosano al 1% y Laminarina al 1.5% y el testigo (agua simple). Se realizaron 5 aplicaciones con una aspersora manual. Las 5 aplicaciones se realizaron entre enero y marzo de 2025 a intervalos de 2 a 3 semanas (30 de enero del 2025 la primera y el 27 de marzo del 2025 la última). Las evaluaciones se realizaron a partir de la tercera aplicación cada 15 días.

Las variables evaluadas fueron:

Fenología. Se realizó con base en la escala BBCH (Agustí *et al*., 1995) con ligeras modificaciones, siendo el valor menor 0= Letargo, y el valor mayor 5=Formación del fruto.

Sanidad. Con una escala subjetiva de 5 puntos, donde el valor más alto es 5=Planta sana, valor más bajo 1=Planta muerta.

Desarrollo del fruto. Con una escala subjetiva de 5 puntos, donde el valor más bajo es 1=Antesis: aparición de órgano floral, valor más alto 5=Madurez fisiológica: Maduración del fruto.

Peso fresco de fruto. Se colectaron 60 frutos de cada tratamiento cuidando que fueran del mismo calibre, posterior a la cosecha se pesaron en una báscula digital obteniendo los pesos para su posterior comparación.

Sólidos solubles-°Brix. Se midieron utilizando el refractómetro evaluando el porcentaje de 3 frutos por tratamiento a cosecha.

Diseño experimental y análisis estadísticos. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar siendo el factor de variación los tratamientos. Los datos se sometieron a un análisis de varianza para determinar

diferencias entre los tratamientos de las variables evaluadas y posteriormente, se sometieron a una comparación de medias con la prueba de Fisher LSD (p=0.05).

Resultados y discusión

Para la variable de sanidad, el quitosano fue el mejor tratamiento con un mayor porcentaje de plantas sanas (Figura 1A). La laminarina y la combinación también mostraron inducir sanidad en las plantas de fresa. El tratamiento testigo mostro mayor susceptibilidad a que las plantas mostraran síntomas como hojas secas y moteadas, algunas incluso con daño en la corona.

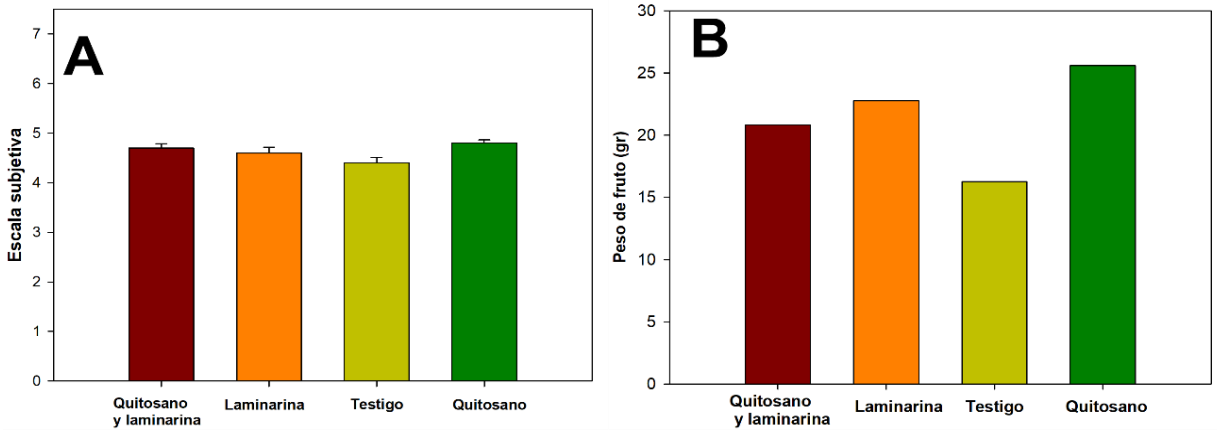


Figura 1. A) Resultados de la sanidad de la planta con los tratamientos aplicados. B) Resultados del peso del fruto con los tratamientos aplicados.

El efecto de la aplicación de los tratamientos sobre el peso de los frutos de fresa se ubica en la Figura 1B, donde los tratamientos fueron diferentes (p< 0.05), el quitosano y la laminarina por separado presentaron mayor aumento en el peso de los frutos, y los pesos con el tratamiento combinado siguen siendo más altos que los del testigo, este tratamiento mostro pesos muy bajos en los frutos en comparación con los demás tratamientos.

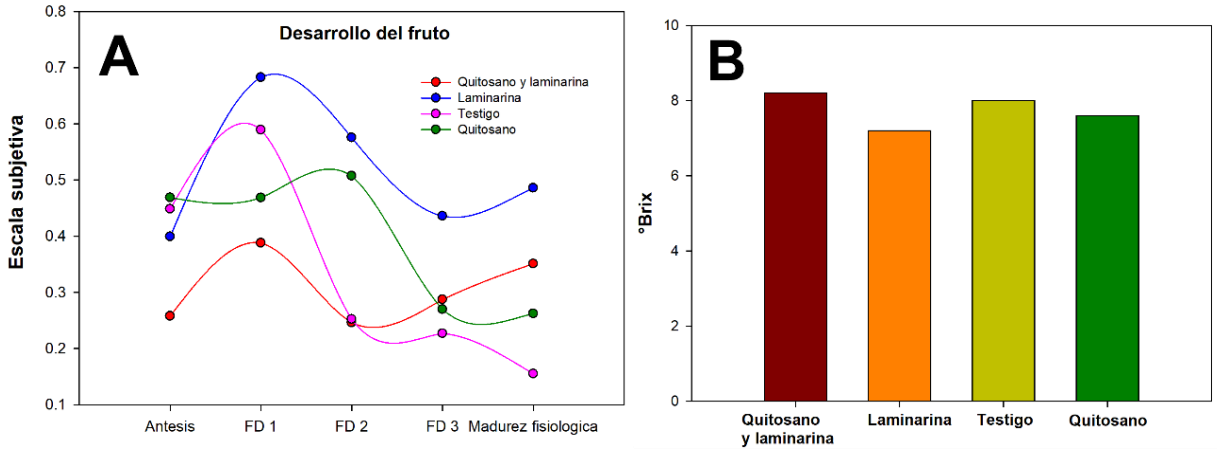


Figura 2. A) Efecto de la aplicación de los tratamientos sobre el desarrollo de los frutos en sus distintas fases. B) Grados brix de los frutos evaluados con los tratamientos aplicados.

En cuanto al desarrollo fenológico del fruto se encontró que no hubo diferencia significativa (P<0.05). En cuanto, a la etapa de desarrollo del fruto, durante la etapa de antesis no hubo diferencia significativa entre tratamientos (P=0.130). La laminarina fue el mejor tratamiento teniendo los mejores valores desde la fase de desarrollo 1 hasta la madurez fisiológica del fruto, obteniendo así frutos mayormente desarrollados (Figura 2A). Referente a los grados brix, durante el desarrollo de la fresa, se acumulan azucares como

glucosa, fructosa y sacarosa que son los principales azucares solubles en la fruta madura, en este caso no hubo diferencia entre tratamientos sobre esta variable (P=0.401). La aplicación de los tratamientos no influye en el sabor o acumulación de azucares de los frutos de fresa (Figura 2B). La apariencia de los frutos en madurez de consumo por cada tratamiento se muestra en la Figura 3.

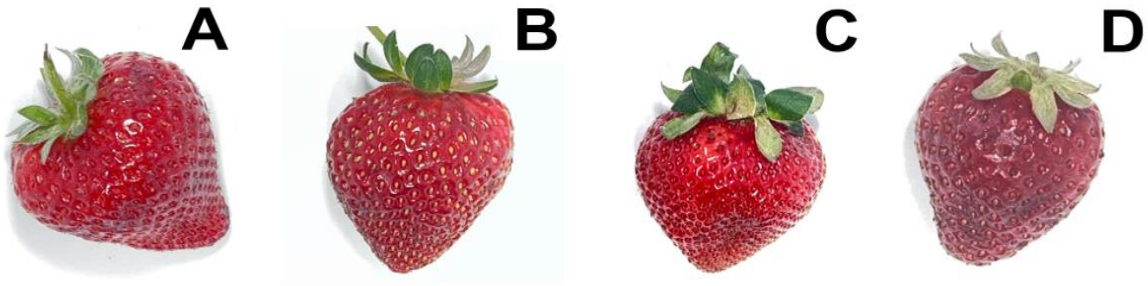


Figura 3. Apariencia de los frutos de fresa tratados en precosecha. (A) Quitosano, (B). Laminarina, (C) Quitosano y Laminarina, (D) testigo

Conclusiones

La laminarina y el quitosano individualmente fueron los mejores tratamientos con mejor comportamiento en la sanidad, peso de los frutos de fresa, apariencia de planta y la calidad del fruto al momento de la cosecha, en comparación con el tratamiento en combinación y el tratamiento testigo.

Referencias bibliográficas

Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., & Staub, R. (1995). Escala BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios (Gén. Citrus). Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos, 189–199.

Falcón Rodríguez, A. B., Costales Menéndez, D., González-Peña Fundora, D., & Nápoles García, M. C. . (2015). Nuevos Productos Naturales Para La Agricultura: Las Oligosacarinas. Cultivos Tropicales, 36, 111–129.

Kessel, A. (2018). Potentialities of chitosan for strawberry. Uses in the improvement and conservation of the fruits. Cultivos Tropicales, 39(1), 134–142. http://ediciones.inca.edu.cu

Miranda-contreras, L., & Balza-quintero, A. (2015). Residuos de plaguicidas en fresa. 27(3), 181–188. http://ve.scielo.org/pdf/ba/v27n3/art07.pdf

Ortiz, R. L. (2023). Producción de plantas de fresa con calidad genética, fisiológica y fitosanitaria.

IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL DAÑO OCASIONADO POR INSECTOS "DESCARNADORES DEL FRUTO" DE AGUACATE EN MICHOACÁN, MÉXICO

Victor Manuel Coria-Avalos[1]*, Rosa Gabriela Coria-Mora[1], Miguel B. Nájera-Rincón[1], Juan Antonio Herrera-Gonzalez[1], Dulce Areli Sánchez-Tinoco[2]

[1]CE Uruapan-CIRPAC-INIFAP, [2]Fac. de Agrob. "Pdte. Juárez". UMSNH.
*Autor para correspondencia: coria.victormanuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Persea americana*, plagas, calidad de fruta.

Introducción

México es el principal proveedor de aguacate en el mercado internacional, con un aporte estimado en 32% de la demanda internacional (FIRA, 2024); para el año 2023, el valor de las exportaciones se estimó en 2,840 millones de dólares (Statista, 2025). La fruta de aguacate cuya comercialización se realiza en fresco en el mercado de exportación, entre otros parámetros de calidad, debe estar libre de magulladuras, manchas o cualquier índice de daño por plagas o enfermedades (CODEX STAN 197-1995). En los últimos años, durante la actividad de cosecha del aguacate se han observado frutos listos para corte que presentan daños importantes en el epicarpio, los cuales son ocasionados por alimentación de larvas de varias especies de insectos que originalmente han sido reportados como consumidores de hojas (Coria, 2009). El objetivo fue identificar las especies de insectos que por efecto de su alimentación eventualmente pueden descarnar el epicarpio de los frutos de aguacate, además de caracterizar el daño inducido por cada una de las especies.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante los años 2023 a 2025, en cinco huertos de aguacate 'Hass' representativos de los diferentes ambientes climáticos de la región productora de Michoacán; se efectuaron recorridos quincenales para revisar aleatoriamente 10 árboles por huerto, con la finalidad de detectar la presencia de larvas de insectos lepidópteros que se alimentan del follaje, con especial énfasis en localizar frutos con daños al epicarpio y con larvas asociadas a las áreas afectadas.

En los casos que se logró visualizar larvas en frutos, se les recolectó para llevarlas al laboratorio y colocarlas dentro de una cámara de crecimiento donde se les proporcionó una dieta especial para insectos lepidópteros (Dieta Shorey) para su desarrollo hasta la recuperación de adultos que fueron utilizados para la identificación taxonómica. También se hicieron registros de la etapa de desarrollo del fruto y forma en que las larvas realizan su actividad de alimentación, esto con la finalidad de una posible diferenciación de especies, en función del tipo de daño que inducen al fruto.

Resultados y discusión

a) Especies encontradas. De las larvas recolectadas en campo se obtuvieron adultos, los cuales se presentan en la Figura 1 y fueron identificados como *Amorbia emigratella* Busk. (Figura 1A), *Argyrotaenia* sp (Figura 1B), *Sabulodes aegrotata* (Guenée, 1857) (Figura 1C) y *Olketicus kirbyi* (Guilding, 1827) (Figura 1D). La obtención de especímenes en campo se realizó de las cinco huertas de aguacate; sin embargo, dado que el muestreo fue dirigido directamente hacia la ubicación de frutos con daño, implica que esta investigación no cuantificó la densidad poblacional en los huertos.

b) Hábito alimenticio. los antecedentes que existen de estas cuatro especies de insectos, refieren que en su estado larval son consumidores de hojas, como se ilustra en la Figura 2. Para el caso de *A. emigratella* y *Argyrotaenia* sp las larvas son muy parecidas, el tamaño oscila de 1.2 a 1.5 mm de largo, son de forma alargada y redonda, de color cristalino recién eclosionadas y adquieren tonalidad verde conforme se alimentan del follaje; se hacen evidentes en los árboles de aguacate a partir del mes de septiembre, pero la mayor densidad poblacional ocurre durante los meses de febrero a abril, consumen de forma total la lámina foliar en brotes vegetativos tiernos y dejan únicamente la nervadura central, mientras que en hojas maduras se protegen con una seda producida por ellas mismas y roen superficialmente el envés de las hojas (Figura 2A y 2B).



Figura 1. Adultos de insectos cuyas larvas se asocian con daños al fruto de aguacate en Michoacán, México. 2025. 1A) *Amorbia emigratella* 1B) *Argyrotaenia* sp. 1C) *Sabulodes aegrotata*. 1D) *Oiketicus kirbyi* (Tomada de Mexzón *et al.* 2003).

Las larvas de *S. aegrotata* pueden ser encontradas normalmente en bajas densidades de población en árboles de aguacate durante todo el año, son típicos "gusano medidor", cristalinas al eclosionar y conforme se alimentan de la planta, adquieren una tonalidad verde opaco, con líneas longitudinales laterales de color café-amarillento; durante sus estadios iniciales tienen libre movilidad y consumen totalmente la lámina de hojas maduras y dejan únicamente la nervadura central (Figura 2C); cuando la larva madura y está próxima a prepupa alcanza un tamaño aproximado de 3.5 cm de largo, produce una seda con la que adhiere un par de hojas y se aloja en medio de ellas para pupar.

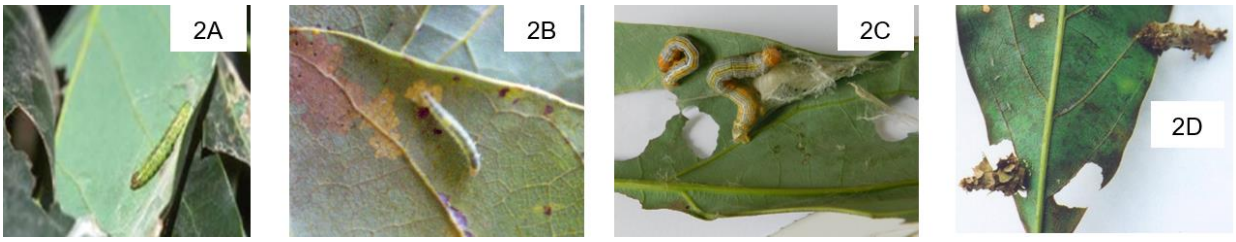


Figura 2. Larvas de insectos en su hábito alimenticio natural como consumidores de hojas en el cultivo de aguacate observados en Michoacán, México. 2025. 1A) Larva de Amorbia emigratella, 1B) Larva de Argyrotaenia sp. 1C) Larvas de Sabulodes aegrotata. 1D) Larvas de Oiketicus kirbyi dentro del cesto.

Las larvas de *O. kirbyi* conocidas como "gusano canasta" debido a que desde los estadios iniciales construyen un cesto con restos vegetales que adhieren con una seda producida por la propia larva y habita dentro de ella, al inicio es de aprox. 0.5 cm de longitud y al paso de los días amplia el cesto conforme aumenta el tamaño de la larva que al madurar alcanza un tamaño aprox. de 4 cm, el cesto puede alcanzar hasta 10 cm de largo; se le observa adherida a los bordes de las hojas, precisamente en el punto de avance en el consumo de la lámina foliar para lo cual solo asoma parte de la cabeza (Figura 2D).

c) Inducción del daño en el fruto. Cuando los frutos están próximos a alcanzar su máximo crecimiento, pero aún no llegan a su madurez fisiológica, eventualmente pueden ser atacados por larvas de *A. emigratella* y *Argyrotaenia* sp, la actividad de alimentación por estas larvas puede ocurrir en cualquier parte de la superficie del fruto e inicia con pequeñas horadaciones en la parte exterior del epicarpio, sin que lleguen a afectar la pulpa, la parte afectada, al contacto con el aire se oxida y se seca adquiriendo una tonalidad café claro, lo que evidencia la presencia del daño (Figura 3A); estas heridas son realizadas por el aparato bucal de la larva, a partir de ahí desarrolla su actividad alimenticia haciendo crecer el daño de manera concéntrica, pudiendo abarcar una proporción bastante amplia del epicarpio; en esta condición, los frutos ya no son aptos para su comercialización, lo que representa pérdida total del producto.

En el caso de larvas de *S. aegrotata*, la característica y desarrollo del daño ocasionado al fruto es similar a los casos anteriores; sin embargo, es más común observarlo en frutos que están juntos, pudiendo alimentarse por igual en los frutos que estén juntos, la dimensión del daño es más amplia y es factible observar el desarrollo de seda para protección de la larva en las áreas de alimentación (Figura 3B). Es evidente que en este caso también se genera pérdida total del fruto.

Las larvas de *O. kirbyi* también llegan a alimentarse, inducen un daño con similares características a las descritas para los casos anteriores; la diferencia radica en que asociado al área dañada se localizan los cestos en cuyo interior se encuentra la larva y solo asoman parte de la cabeza para alimentarse (Figura 3C). En este caso también ocurre pérdida total del fruto.



Figura 3. Frutos de aguacate con daño por insectos “descarnadores” observados en Michoacán, México. 2025. 3A) Desarrollo del daño por larvas de *Amorbia emigratella* y A*rgyrotaenia* sp. 3B) Par de frutos con daños por *Sabulodes aegrotata*. 3C) Avance de una larva de *Oiketicus kirbyi* dentro del cesto.

Conclusiones

En huertos de aguacate de Michoacán se encontró a las especies *Amorbia emigratella* Busk., *Argyrotaenia* sp, *Sabulodes aegrotata* (Guenée, 1857) y *OIketicus kirbyi* (Guilding, 1827), todas reportadas como larvas consumidoras de hojas; sin embargo, cuando su presencia coincide con la etapa de maduración del fruto en campo, eventualmente se observaron daños al epicarpio y asociados a estas áreas de daño fueron recuperadas larvas de las cuatro especies.

El daño al fruto inicia con horadaciones al epicarpio ocasionadas por la larva en cualquier punto de la superficie del fruto, a partir de ese punto la larva roe de manera concéntrica el epicarpio, y las partes dañadas se tornan de color café claro y de consistencia seca.

Los frutos dañados no son aptos para su comercialización, por lo que se consideran como pérdida total.

Fuente financiadora

Recursos fiscales INIFAP.

Referencias bibliográficas

Coria A.V.M. 2009. Plagas. *En:* Tecnología para la producción de aguacate en México. Coria A.V.M. (ed.). 2ª. Edición. 2a. Reimpresión. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Exp. Uruapan. 209 p.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2025. El aguacate mexicano. “El jugador más valioso” del super tazón. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/885638/Brochure_aguacate_2024.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2025. Avance de siembras y cosechas. https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/

FIRA. 2024. Panorama agroalimentario 2024. Aguacate. file:///C:/Users/victo/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Aguacate%202024.pdf

Statista. 2025. Valor de las exportaciones de aguacate de México desde 2015 a 2023. https://es.statista.com/estadisticas/1092245/aguacate-valor-exportaciones-mexico/

Statistical Analysis Systems (SAS). 2013. SAS/STAT User’s guide. SAS, Cary, N.C., USA.

PRESENCIA DE *Diplotaxis angustula* (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) EN EL SUELO DE CULTIVOS DE SOYA EN CHIAPAS, MÉXICO

Guillermo López-Guillén[1], Eduardo R. Chamé-Vázquez[2], Moisés Alonso Báez[1], Manuel Grajales-Solís[1], Leobardo Iracheta-Donjuan[1], José Luis Solis Bonilla[1], Biaani Beeu Martínez Valencia[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, C. P. 30780, México;[2]Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Tapachula, Carretera Antiguo Aeropuerto Km. 2.5, Tapachula, Chiapas, C.P. 30700, México.
*Autor para correspondencia: lopez.guillermo@inifap.gob.mx

Palabras clave: "Gallina ciega", *Glycine max*, perfil de suelo.

Introducción

El género *Diplotaxis* Kirby tiene 242 especies registradas, las cuales se distribuyen desde Canadá hasta Panamá (Schoolmeesters, 2019). En la región Neotropical, México tiene la más alta diversidad de especies de este género (Romero-López *et al*., 2010). Las larvas de *Diplotaxis* tienen hábitos alimenticios rizofilófagos, mientras que los adultos tienen hábitos fitófagos (Vaurie, 1960). Se considera que las larvas causan mayor daño que los adultos en plantas no cultivadas de importancia forestal (Vaurie 1960). Sin embargo, las larvas de *Diplotaxis* también forman parte del complejo "gallina ciega" en suelos que se cultivan con maíz y sorgo (Cuate-Mozo *et al*., 2024).

En Chiapas se han registrado 31 especies del género *Diplotaxis* (Pacheco-Flores *et al*., 2008). *Diplotaxis* spp. pasan parte de su ciclo de vida en el suelo como huevos y luego como larvas, las cuales se alimentan de raíces y humus. La pupación ocurre en celdas en el suelo, en la que el adulto se puede guarecer hasta que existan condiciones de precipitación adecuadas para emerger (Vaurie, 1960). Se desconoce hasta qué profundidad del suelo pueden permanecer como inmaduros y adultos. Durante trabajos sobre la descripción de perfil de suelo en un predio que se cultiva con soya (*Glycine max*) para determinar el "piso de arado", se encontraron adultos de un escarabajo en las capas del suelo excavadas.

Objetivo

El objetivo de este trabajo, es reportar por primera vez a *D. angustula* en perfiles de suelo donde se cultiva soya desde hace dos décadas en la región del Soconusco, Chiapas, México.

Materiales y métodos

La distribución vertical de *D. angustula* en el perfil del suelo se determinó en el ejido Tinajas 2ª Sección, municipio de Tapachula, Chiapas, México (14°42' 49" N; 092° 20' 43" O, 16 m) entre abril y mayo del 2023 (periodo sin lluvias y sin presencia del cultivo). Las excavaciones se hicieron en un volumen cúbico de 60 x 70 x 80 cm, para lo cual se usó sacapico, pico, barreta y pala. Las muestras de suelo se recolectaron cada 10 cm de profundidad, hasta llegar a 80 cm de profundidad. Cada muestra se guardó individualmente y en total se hicieron 10 perfiles de suelo, las cuales se colocaron en cubetas de plástico de 20 L. Cada cubeta se saturó con agua para disolver los agregados de suelo. Los adultos de *D. angustula* en cada muestra se guardaron en frascos con alcohol al 70% y fueron identificados por medio de la clave taxonómica de Vaurie (1960).

Los datos del número de insectos en cada profundidad del suelo, se analizaron por medio de su promedio y se representaron en una gráfica.

Resultados y discusión

Diplotaxis angustula Moser (Coleoptera: Melolonthidae) mide entre 7 y 10 mm, tiene una coloración roja obscuro, con setas largas en el margen de los élitros y escutelo, el segundo intervalo de los élitros generalmente multipuntuado, pero en ocasiones irregularmente unipuntuado, pronoto con los lados exageradamente abultados, ángulos anteriores obtusos, ángulos posteriores redondeados, y cabeza usualmente con un ligero abultamiento (Figura 1).

Se recolectaron 25 adultos de *D. angustula* en los perfiles de suelo. La mayor abundancia, se observó en los primeros 30 cm de profundidad. También, se encontraron escarabajos hasta 70 cm de profundidad (Figura 2).

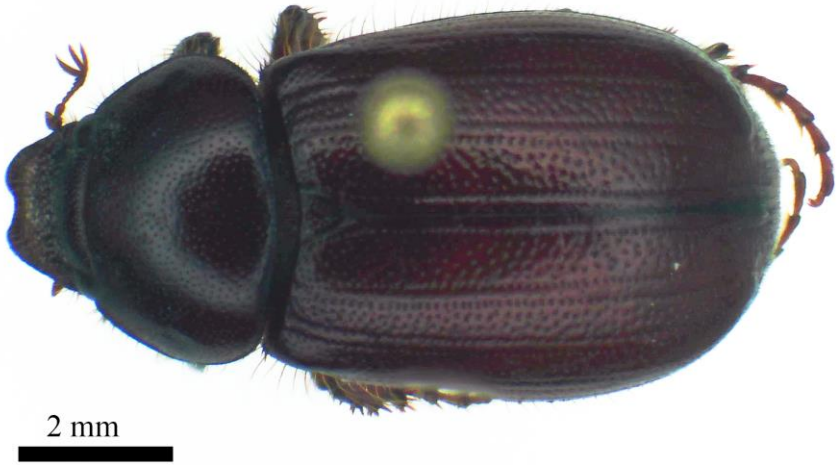


Figura 1. Adulto de *Diplotaxis angustula* en vista dorsal.

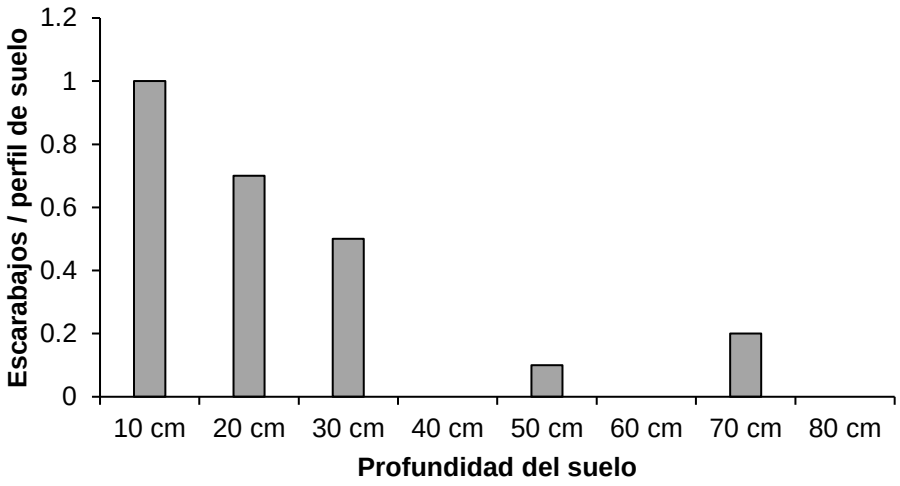


Figura 2. Distribución vertical de *Diplotaxis angustula* en perfiles de suelo.

Este es el primer reporte de la presencia de *D. angustula* en un suelo en descanso donde se cultiva soya cada año. La distribución vertical de *D. angustula*, es similar a la reportada en otros géneros de Scarabaeidae. Por ejemplo, Espinosa-Islas *et al*. (2005) encontraron cuatro especies de *Phyllophaga* hasta 40 cm de profundidad.
Generalmente, para determinar la presencia de larvas de Scarabaeidae se recolectan muestras de suelo de 30 x 30 x 30 cm (Romero-López *et al*., 2010). Sin embargo, en este trabajo se recolectaron muestras de suelo a mayor profundidad, lo cual puede ayudar a determinar si es suficiente con barbechar el terreno en los primeros 20 cm de profundidad para eliminar larvas perjudiciales, o bien, se deben aplicar otras medidas de control.

Conclusiones
La especie de escarabajo, se identificó como *Diplotaxis angustula*. La mayor abundancia de *D. angustula*, se encontró en los primeros 30 cm de profundidad de los perfiles de suelo.

Agradecimientos y fuente financiadora
Nuestro agradecimiento al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas (INIFAP) por el financiamiento otorgado a través del proyecto SIGI: 11144235374.

Referencias bibliográficas

Cuate-Mozo, V., A. Aragón García, M. Aragón-Sánchez, J.P. Marquéz-Manzano y B.C. Pérez-Torres 2024. Registro del complejo gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el cultivo de sorgo, *Sorghum bicolor* (L.), en Jantetelco, Morelos. Entomol. Mex. 11:11-18.

Pacheco-Flores, P., A.E. Castro Ramírez, M.A. Morón, B. Gómez y Gómez. 2008. Fauna de escarabajos melolóntidos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. Acta Zool. Mex. 24: 139-168.

Romero-López, A.A., M.A. Morón, A. Aragón, y F.J. Villalobos. 2010. La “gallina ciega” (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) vista como un “ingeniero del suelo”. Southwest. Entomol. 35: 331-343.

Schoolmeesters, P. 2019. Scarabs: World Scarabaeidae Database (version Jan 2019). In: Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2019 Annual Checklist (Roskov, Y., G. Ower, T. Orrell, D. Nicolson, N. Bailly, P.M. Kirk, T. Bourgoin, R.E. DeWalt, W. Decock, E. van Nieukerken, J. Zarucchi, and L. Penev (Eds.). http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands.

Vaurie, P. 1960. A revision of the genus *Diplotaxis* (Coleoptera, Scarabaeidae, Melolonthinae), Part II. Bull. Amer. Mus. Natl. Hist. 120: 161-434.

EVALUACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS, BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN CEBADA

María Florencia Rodríguez-García[1]*, Miguel González-González[1], Agustín Limón- Ortega[1], Andrés Mandujano-Bueno[2]

[1]INIFAP-CEVAMEX; [2]INIFAP-CEBAJ.
*Autor para correspondencia: rodriguez.maria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Severidad, efectividad, rendimiento.

Introducción

La productividad de cebada en México bajo condiciones de temporal es afectada por la presencia de enfermedades; las principales son, roya amarilla o lineal causada por *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, roya de la hoja (*Puccinia hordei*), mancha en red ocasionada por el patógeno *Drechslera teres*, mancha marrón (*Bipolaris sorokiniana*), escaldadura (*Rhynchosporium secalis*) y Fusariosis de la espiga (*Fusarium* spp.) (Rodríguez *et al.* 2022). Dichas enfermedades se pueden presentar desde etapa de plántula, afectan el rendimiento y demeritan la calidad del grano como lo mencionaron Rodríguez *et al.* (2023). Dentro de las medidas más utilizadas para el control de las enfermedades en el cultivo de cebada, se encuentra el químico, de acuerdo con Rodríguez-García *et al*. (2021) es una opción viable para evitar pérdidas en el rendimiento y grano de mala calidad. Sin embargo, el uso irracional de productos químicos contribuye en el deterioro del medio ambiente como lo menciona Kiani *et al.* (2021), y es necesario explorar otras alternativas de control. El uso de hongos antagonistas y extractos de plantas con actividad fúngica, representan una alternativa. El objetivo de esta investigación fue comparar bajo condiciones de campo la efectividad de productos químicos, orgánicos y biológicos para el control de patógenos causantes de las principales enfermedades de cebada y su efecto en variables agronómicas.

Materiales y métodos

El experimento se estableció durante el año 2023 en un lote de labranza de conservación en Santa Lucia, Texcoco, Estado de México - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México (INIFAP-CEVAMEX), ubicado a 19° 26’ 38.62” LN y 98° 53’ 12.10” LO y una altitud de 2 272 msnm. Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consto de cuatro surcos de tres metros de largo. La variedad maltera utilizada en el estudio fue Esmeralda.

Se evaluaron tres tipos de productos comerciales. 1) químicos: PrioriXtra® (Azoxistrobin 18.20 % + Ciproconazol 7.27 %) y Aprovia®Xtra (Propiconazol 12.07 % + Benzovindiflupyr 7.24 %); 2) orgánicos: PROGRANIC® Mega (Extracto de Gobernadora (*Larrea tridentata*) 95 %) y Caneem® (Aceite esencial de canela 15 % + Aceite de Neem 20 %); 3) biológico: *Trichoderma Sub* (*Trichoderma harzianum* 1 x 108 UFC mL^{-1} al 50 %). Las dosis aplicadas se realizaron de acuerdo a las recomendaciones técnicas del producto: 0.2 L ha^{-1} para PrioriXtra®, 0.5 L ha^{-1} para Aprovia®Xtra, PROGRANIC® Mega y Caneem® 1 L ha^{-1}, *T. Sub* 2 L ha^{-1}. En todos los tratamientos se utilizó el coadyuvante poliéter polimetilsiloxano copolímero (Break Thru®) a una dosis de 0.25 L ha^{-1}. Los productos se aplicaron utilizando una bomba de mochila marca SWISSMEX (15 L de capacidad) con boquilla abanico plano TeeJet ASJ 11003. La aplicación se realizó en tres ocasiones, la primera a los 40 días después de la siembra, la segunda y tercera con intervalo de 10 días después de cada aplicación. La incidencia de enfermedades se presentó de forma natural.

Se registraron las variables días a espigamiento (DE), días a madurez fisiológica (DM), altura de la planta (AP), rendimiento de grano (REND) en kg ha^{-1}; peso hectolítrico (PH); severidad de roya lineal o amarilla (SRLA); mancha en red (SMR) y mancha marrón (SMM), registrada en porcentaje. Los datos fueron analizados estadísticamente con el programa SAS y se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba DMS ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

El análisis de varianza de los datos, mostro diferencias significativas entre productos para las variables DM, REND, PH, SMR, SMM y SRLA lo que indica que al menos un producto tuvo respuesta positiva en dichas variables, mientras que para DE y AP no se detectó significancia estadística.

En el Cuadro 1 se presenta la comparación de medias para los productos aplicados y para las variables agronómicas y fitopatológicas. En días a madurez (DE) se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el testigo donde se registró la madurez fisiológica más larga (106.5 días), el más precoz fue el tratamiento con Aceite de canela 15 % + Aceite de Neem 20%. En rendimiento de grano los productos donde se observaron los rendimientos más altos fueron: Aceite de canela 15 % + Aceite de Neem 20% con 1997 kg ha^{-1}, seguido del extracto de gobernadora 95 % y *Trichoderma harzianum* 50 %. Para peso hectolítrico no hubo diferencias entre productos, pero si entre estos y el testigo quien tuvo un valor de 54.8 kg hL^{-1} y que, de acuerdo con González *et al*., (2016) es un valor inferior a lo establecido en la norma mexicana NMX-FF-043-SCFI-2023 para su comercialización.
Por otra parte, para la severidad de mancha en red (SMR) y mancha marrón (SMM) si hubo diferencias entre los productos aplicados siendo mejores los químicos Propiconazol 12.07 % + Benzovindiflupyr 7.24 %, seguido de Azoxistrobin 18.20 % + Ciproconazol 7.27 %, dichos resultados coinciden con Rodríguez *et al*., (2023) quienes mencionan que los ingredientes activos que son eficaces para el control de las manchas foliares en cebada son Azoxistrobin y Propiconazol. En roya lineal o amarilla (SRLA), la mayoría de los productos tuvieron un comportamiento similar al testigo y no se identificó eficacia para el control de la roya.

Cuadro 1. Comparación de medias de productos aplicados en cebada en Santa Lucia, Estado de México, Ciclo P/V-2023.

Ingrediente activo	DE	DM	AP	REND	PH	SMR	SMM	SRLA
Azoxistrobin 18.20 % + Ciproconazol 7.27 %	54.7	103.7 abc	56.7	1344.1 c	57.1a	2.5 bc	3.0 c	0.25 b
Propiconazol 12.07 % + Benzovindiflupyr 7.24 %	54.2	102.7 bcd	57.5	1551.5 bc	57.1 a	1.0 c	2.5 c	0.25 b
Extracto de gobernadora 95 %	53.7	100.5 cd	58.2	1708.8 ab	57.1 a	4.5 ab	7.0 ab	0.5 b
Aceite de canela 15 % + Aceite de Neem 20 %	54.2	100 d	65.5	1997.1 a	57.1 a	4.0 ab	9.0 a	0.5 b
Trichoderma harzianum 50 %	54.2	104.7 ab	60.2	1664.7 b	57.1a	4.5 ab	9.7 a	2.7 a
Sin fungicida	56	106.5 a	51.2	1297.1 c	54.8 b	5.2 a	4 bc	0.25 b
Media	54.5	103	58.2	1593.8	56.7	3.6	5.8	0.75
DMS	2.5	3.4	15.3	311.0	0.9	2.6	3.2	1.8

Valores con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (DMS, $p \leq 0.05$). DE: días a espigamiento; DM: días a madurez fisiológica; AP: altura de la planta; PH: peso por hectolitro (kg hL^{-1}); REND: rendimiento de grano (kg ha^{-1}); SMR: severidad mancha en red; SMM: severidad mancha marrón; SRLA: severidad roya lineal o amarilla.

En la Figura 1 se presenta la ganancia en rendimiento con la aplicación de productos, en donde se observan ganancias de 35 y 24 % con la aplicación de productos orgánicos (Caneem® y PROGRANIC® Mega); con el producto biológico *Trichoderma Sub* se obtienen ganancias del 22 %. A diferencia de los productos químicos PrioriXtra® y Aprovia®Xtra que tuvieron rendimientos bajos siendo su ganancia con respecto al testigo de 16.38 y 3.5 %, respectivamente.

Conclusiones

El producto más eficaz para el control de mancha en red y mancha marrón fue el químico Aprovia®Xtra, que redujo la severidad en un 81 y 37.5 %, respectivamente. Los productos orgánicos y biológicos, no tuvieron una respuesta positiva para el control de enfermedades; no obstante, con su aplicación se obtuvieron los rendimientos más altos: Caneem® (1 997 kg ha^{-1}), PROGRANIC® Mega (1 708 kg ha^{-1}) y *Trichoderma Sub* (1 664 kg ha^{-1}) en comparación con el testigo donde solo se registró 1 297 kg ha^{-1}. Se debe continuar evaluando productos alternativos que sean eficientes en el control de enfermedades.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al proyecto: Evaluación de la eficacia de productos biológicos, orgánicos y químicos para el control *in vitro* de hongos causantes de enfermedades en cebada y maíz. No. SIGI: 14322236327.

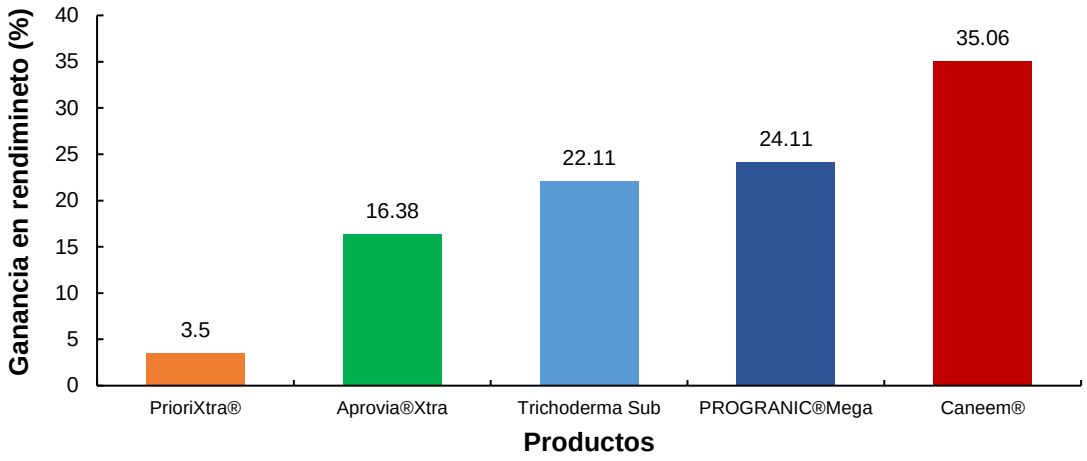


Figura 1. Ganancia en rendimiento con aplicación de productos químicos, biológicos y orgánicos para el control de enfermedades en cebada, ciclo P-V/2023.

Referencias bibliográficas

González, G. M., Zamora, D. M. y Solano, H. S. 2016. Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7(1): 159-171.

Kiani, T., Mehboob, F., Hyder, M. Z., Zainy, Z., Xu, L., Huang, L. and Farrakh, S. 2021. Control of stripe rust of wheat using indigenous endophytic bacteria at seedling and adult plant stage. Scientific Reports 11:14473.

Rodríguez, G. M. F., González, G. M. y Limón, O. A. 2023. Evaluación de fungicidas para el control de enfermedades foliares en el cultivo de cebada. International Journal of Innovation and Applied Studies 39(1):36-42.

Rodríguez, G. M. F., González, G. M., Mandujano, B. A. 2022. Enfermedades comunes de la cebada en México. Folleto técnico No. 1. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. 39 p.

Rodríguez-García, M. F., González-González, M., Huerta-Espino, J. and Solano-Hernández, S. 2021. Fungicides evaluation against yellow rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) in six barley cultivars. Mexican Journal of Phytopathology 39(3):414-434.

FUNGICIDAS PARA EL MANEJO DEL TIZÓN DE LA ESPIGA (FUSARIOSIS) EN TRIGO HARINERO

Víctor Manuel Arzola-Mora[1*], Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[1], Salvador Carranza-González[2], Carlos Sánchez-Abarca[3], René Hortelano-Santa Rosa[1], Julio Huerta-Espino[1], María Elsa Rodríguez-Contreras[1] y Pawan Kumar-Singh[4]

[1]CEVAMEX – INIFAP; [2]Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados; [3]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia; [4]Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Texcoco, México.
*Autor para correspondencia: victormam_01@hotmail.com

Palabras clave: *Fusarium*, triazoles, genotipos.

Introducción

El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) es un cultivo de importancia alimenticia y económica en México. Sin embargo, su producción se enfrenta a enfermedades fúngicas, de las cuales destaca el Tizón de la Espiga (*Fusariosis*), causada principalmente por *Fusarium graminearum*. Esta enfermedad reduce el rendimiento del cultivo, deteriora la calidad del grano contaminándolo con micotoxinas como el deoxynivalenol (DON) (Haile *et al.*, 2019). Los fungicidas a base de Triazoles y Estrobirulinas tienen cierta efectividad en el Testigo de la *Fusariosis*, sin embargo, para su mejor control, se recomiendan además del uso de fungicidas, integrar prácticas agronómicas y sobre todo el uso de variedades resistentes (Duan *et al*., 2019). En la presente investigación se planteó como objetivo evaluar diferentes compuestos y combinaciones de éstos, mediante la aplicación de cuatro fungicidas recomendados para el Testigo de *Fusarium* aplicados a cinco genotipos con diferente nivel de resistencia.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); el predio se localizó a 19°29’ N y 98°53’ O, a una altitud de 2250 msnm y el sitio experimental presenta un clima templado con lluvias en verano; la evaluación se realizó durante el ciclo Primavera-Verano 2023. Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de cuatro fungicidas: Tilt® 250 EC (Propiconazol al 25 %, dosis 0.5 L/Ha), Nativo® 300 SC (Trifloxistrobina (20%) + Tebuconazol (10%), dosis 0.2 kg/Ha), Folicur® 250 EW (Tebuconazol 25%, dosis 0.6 L/Ha) y Soldier® 250 SC (Azoxistrobin (11.3%) + Flutriafol (11.3%), y el testigo sin aplicación. Se realizó una inoculación con grano de maíz infectado con *Fusarium graminearum*, depositándolo en el suelo entre las hileras centrales de cada parcela. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m de largo espaciados a 30 cm. La aplicación de los tratamientos se realizó en cinco genotipos que fueron: Sumai-3, Gamenia, Falcin, Ocoroni y Heilo. Los fungicidas se aplicaron en el estado fenológico de antesis. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones en un arreglo de tratamientos de parcelas divididas, en donde parcelas grandes fueron los tratamientos con fungicidas y las parcelas chicas fueron los cinco genotipos, que en conjunto dieron un total de 75 unidades experimentales. Se evaluaron las variables agronómicas días a floración (DF), días a madurez (DM), altura de planta en cm (AP) y rendimiento de grano en kg ha^{-1} (REND); también se registró la incidencia de *Fusarium* en la espiga (FEsp) en una escala del 1 al 9, en donde 1 fue resistente y 9 fue susceptible.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestra el análisis de varianza, en donde se observa que hubo diferencia altamente significativa en Fungicidas en días a madurez, rendimiento de grano e incidencia de *Fusarium* en la espiga; en altura de planta hubo diferencia significativa y no se detectó diferencia significativa en días a floración. Entre genotipos hubo diferencias altamente significativas en todas las variables, lo que indica que este factor es muy contrastante. En la interacción Fungicida × Genotipo prácticamente no se detectó diferencia, a excepción de la variable FEsp, en donde hubo diferencia significativa, lo que indica que los fungicidas no influyeron en un comportamiento diferente sobre los diferentes genotipos. Los coeficientes de variación fueron bajos, lo que permitirá generar buenas Conclusiones.

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias entre tratamientos de fungicidas, en donde se observa que no hubo diferencia significativa entre los cinco tratamientos, incluyendo el testigo, en las variables días a floración y altura de planta; para días a madurez e incidencia de *Fusarium* en la espiga no

hubo diferencia entre fungicidas, pero si la hubo entre éstos y el testigo sin aplicación, observándose que la Fusariosis redujo ligeramente el ciclo a madurez y afectó en mayor proporción a la espiga (mayor incidencia de la enfermedad). Para rendimiento de grano, se observa también que hubo diferencias entre los diferentes tratamientos, mostrando el Testigo menor productividad (3227 kg ha^{-1}) y sobresaliendo el fungicida Nativo que expresó mayor rendimiento (4164 kg ha^{-1}) y menor incidencia de *Fusariosis*; el fungicida Soldier no mostró buen comportamiento.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la evaluación de diferentes fungicidas.

F. V.	gl	DF	DM	AP	REND	FEsp
Fungicidas	4	3.6ns	10.65**	65.7 *	2291094**	3.76**
Genotipos	4	184.5**	99.51**	4690.4**	17565048**	88.90**
Bloque	2	0.25ns	14.17 *	472.3**	1989931 *	1.72 *
Fungicidas × Genotipos	16	1.5ns	0.76ns	18.8ns	245766ns	0.58 *
Error	48	1.8	1.4	26.9	211674	0.26
Total	74					
Media		60.9	110.6	97.0	3830	3.6
C. V. (%)		2.2	1.1	5.3	12.1	14.2

F.V. = factores de variación; Fungicidas × Genotipos = interacción Fungicida*Genotipo; gl = grados de libertad; DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha-1; FEsp = incidencia de Fusarium en la espiga; C.V. = coeficiente de variación.

Cuadro 2. Comparación de medias en la evaluación de diferentes fungicidas.

Fungicida	DF	DM	AP	REND	FEsp
Testigo	61.2a	109.1b	99.9a	3227c	4.46a
Folicur	60.6a	111.1a	96.1a	3970ab	3.46b
Nativo	61.5a	110.6a	98.3a	4164a	3.20b
Soldier	61.2a	111.2a	94.6a	3662bc	3.33b
Tilt	60.3a	110.8a	96.2a	4127ab	3.53b
Tukey (α=0.05)	1.4	1.2	5.3	476	0.52

DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de *Fusarium* en la espiga.

La comparación de medias entre genotipos se presenta en el Cuadro 3, en donde se observa que en todas las variables se detectó diferencia entre el germoplasma evaluado. En días a floración y días a madurez sobresalió Ocoroni por su mayor precocidad, mientras que Sumai-3 fue el genotipo con mayor ciclo. En altura de planta el genotipo más bajo fue Ocoroni y el más alto fue Sumai-3. En cuanto a presencia de *Fusarium* en la espiga, sobresalió Sumai-3 con una incidencia promedio de 1.0, le siguió Heilo con incidencia de 2.13, enseguida la Falcin y Gamenia con incidencia intermedia y por último Ocoroni que se expresó como un genotipo susceptible. Sobresalió Sumai-3 por su resistencia a *Fusarium*, pero fue de ciclo tardío, de porte alto y de baja productividad (2786 kg ha^{-1}), incluso produciendo menos que el genotipo más susceptible que fue Ocoroni F86 (3479 kg ha^{-1}). El genotipo más sobresaliente fue Heilo que mostro buen nivel de resistencia a la enfermedad (2.13 en la escala de 1 al 9) y el mayor rendimiento de grano (5216 kg ha^{-1}). La Línea FALCIN también sobre salió con buen nivel de tolerancia (3.33) y buen rendimiento (4716 kg ha^{-1}).

La menor incidencia de la enfermedad la obtuvieron las variedades Sumai-3 y Heilo por lo que se sugiere que las variedades resistentes y/o tolerantes no solo limitan la propagación del patógeno, sino que también optimizan la eficacia de los tratamientos químicos Shude *et al*. (2020). En contraste, la variedad Ocoroni F86 mostró una alta susceptibilidad a *Fusarium*, incluso bajo el uso de fungicidas. Estos resultados coinciden con los reportados por Mesterházy *et al*. (2003), que indica que el genotipo siempre será más efectivo y favorecerá a la reducción del patógeno en el sitio.

Cuadro 3. Comparación de medias entre genotipos en la evaluación de diferentes fungicidas.

Genotipos	DF	DM	AP	REND	FEsp
Sumai-3	65.2a	113.7a	121.6a	2786d	1.00e
Gamenya	60.9c	110.4c	99.4b	2954d	4.13b
Falcin	57.26	109.4c	100.8b	4716b	3.33c
Ocoroni F86	57.7d	107.1d	72.8d	3479c	7.40a
Heilo	63.5b	112.2b	90.4c	5216a	2.13d
Tukey (α=0.05)	1.4	1.2	5.3	476	0.52

DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de *Fusarium* en la espiga.

Conclusiones

El fungicida Nativo® mostró mayor eficacia en reducir la incidencia de *Fusarium graminearum* y aumentar el rendimiento. Sin embargo, los genotipos fueron determinantes: Sumai-3 fue el genotipo más resistente, Heilo combinó resistencia y alta productividad, destacando la importancia de integrar el componente genético y el químico para lograr mejor manejo del Tizón de la Espiga.

Agradecimientos

El experimento fue financiado por CIMMYT – INIFAP a través del proyecto “Entendiendo y manejando el tizón de la espiga por *Fusarium* en México”

Referencias bibliográficas

Duan, Y., Tao, X., Zhao, H., Xiao, X., Li, M., Wang, J., & Zhou, M. (2019). Activity of demethylation inhibitor fungicide metconazole on Chinese *Fusarium* graminearum species complex and its application in carbendazim-resistance management of *Fusarium* head blight in wheat. *Plant Disease*, *103*(5), 929-937.

Haile, J. K., N’diaye, A., Walkowiak, S., Nilsen, K. T., Clarke, J. M., Kutcher, H. R., Steiner, B., Buerstmayr, H., & Pozniak, C. J. 2019. *Fusarium* head blight in durum wheat: recent status, breeding directions, and future research prospects. https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-19-0095-RVW

Mesterházy, Á., Bartók, T., & Lamper, C. 2003. Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for Testigoof *Fusarium* Head Blight. Plant Disease, 87(9): 1107–1115. https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.9.1107

Shude, S. P. N., Yobo, K. S., & Mbili, N. C. 2020. Progress in the management of *Fusarium* Head Blight of wheat: An overview. South African Journal of Science, 116(11/12): Art. #7854. https://doi.org/10.17159/sajs.2020/7854

ÉPOCA DE APLICACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DEL TIZÓN DE LA ESPIGA EN TRIGO HARINERO

Víctor Manuel Arzola-Mora[1*], Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[1], Salvador Carranza-González[2], Carlos Sánchez- Abarca[3], René Hortelano-Santa Rosa[1], Julio Huerta-Espino[1], María Elsa Rodríguez-Contreras[1] y Pawan Kumar-Singh[4]

[1]CEVAMEX – INIFAP; [2]Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas, Colegio de Postgraduados; [3]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia; [4]Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Texcoco, México.
*Autor para correspondencia: victormam_01@hotmail.com

Palabras clave: *Fusarium*, triazoles, fungicidas.

Introducción

En el cultivo de trigo, el tizón de la espiga causado por *Fusarium* es una de las enfermedades que amenazan la rentabilidad del cultivo reduciendo el rendimiento y la calidad del grano; el uso de fungicidas ha sido una opción viable para su control y evitar daños, la búsqueda de una estrategia de aplicación comienza al momento donde se decide realizar una aplicación (Cowger *et al*., 2023). La aplicación de fungicidas para el control del tizón de la espiga se lleva a cabo regularmente en el periodo de antesis, el cual es la etapa más susceptible de la planta (González-Domínguez *et al*., 2021). En México, existe poca información respecto al momento de aplicación para el manejo de *Fusarium* en la espiga por lo que es de gran importancia generar información sobre los métodos y etapas de aplicación del control químico. En el presente estudio se buscó conocer el mejor momento de aplicación que evite pérdidas en el rendimiento y minimice la incidencia de *Fusarium* en la espiga en trigo harinero.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en INIFAP-CEVAMEX, ubicado en Coatlinchán Texcoco, Edo. Méx, durante el ciclo Primavera-Verano de 2022, localizado a una altitud de 2250 msnm, 19°29’ N y 98°53’ O, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. La siembra se realizó el 2 de junio del 2022, se evaluó el fungicida Tilt® (Propiconazol 25 %) en una dosis de 0.5 L/ha^{-1} para el control del tizón de la espiga (*Fusariosis*) combinando tres épocas de aplicación, las cuales fueron: Preantesis (cuatro a cinco días antes del 50% de la floración, cuando se ve la espiga); Antesis (al 50% de la floración); Postantesis (seis a siete días después del 50% de la floración) y un Control (sin aplicación de fungicida). Se utilizaron cinco genotipos de trigo harinero: Sumai-3, Gamenya, Falcin, Ocoroni F86 y Heilo. El diseño experimental fue Bloques al Azar con tres repeticiones en un arreglo de tratamientos de parcelas divididas, en donde la parcela grande fue la época de aplicación y la chica los genotipos. Se registraron las variables: días a floración (DF, días cuando el 50 % de las espigas se encontraban en antesis), días a madurez (DM, días cuando el 50 % de los pedúnculos de las espigas se tornaron amarillentos), altura de planta (AP, altura en cm de la base de suelo a la punta de la espiga) y rendimiento de grano (REND, rendimiento reportado en kg ha^{-1}); además se registró la incidencia de *Fusarium* en la espiga (FEsp) en una escala del 1 al 9, en donde 1 fue resistente y 9 fue susceptible. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se obtuvo una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presenta en análisis de varianza, en donde se observan diferencias altamente significativas entre Épocas para DM, REND e incidencia de *Fusarium*; en altura AP la diferencia fue significativa y no hubo diferencia en DF. Entre genotipos, todas las variables mostraron diferencias altamente significativas. Para la interacción Época × Genotipo únicamente hubo significancia para FEsp. La media del rendimiento de grano fue de 3660 kg ha^{-1}, el que se considera adecuado para siembras de temporal y los coeficientes de variación están en un rango confiable.

En el Cuadro 2, se muestra la comparación de medias entre las tres épocas de aplicación más el control. En la variable DF no hubo diferencia significativa entre los cuatro tratamientos; en DM, no mostró diferencia entre épocas, aunque el Control sin aplicación de fungicida fue de ciclo más corto. Se logró un buen rendimiento (3826 a 3871 kg ha^{-1}) para las tres épocas de aplicación, respecto al control, con la aplicación del fungicida en cualquiera de las tres épocas se logró hasta un 20 % más de rendimiento de grano.

Respecto a FEsp, en el Control se presentó con mayor severidad, mientras que la aplicación durante la Antesis y Pre-antesis manifestó menor incidencia de la enfermedad.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la evaluación de época de aplicación del fungicida.

F. V.	gl	DF	DM	AP	REND	FEsp
Repeticiones	2	0.35ns	0.71ns	61.0ns	2718979**	0.80 *
Épocas	3	0.95ns	30.06**	84.3 *	2176924**	4.82**
Genotipos	4	188.62**	102.43**	3238.2**	18596484**	90.22**
Época*Gen	12	1.71ns	0.64ns	14.1ns	233482ns	0.94**
Error	38	1.49	0.94	22.27	279429	0.23
Total	59					
Media		61.2	110.5	97.4	3660	4.1
C. V. (%)		1.99	0.87	4.84	14.43	11.19

F.V. = factores de variación; Epoc*Gen = interacción Época*Genotipo; gl = grados de libertad; DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de *Furariosis* en la espiga; C.V. = coeficiente de variación.

Cuadro 2. Comparación de medias en la evaluación de la época de aplicación de fungicidas.

Épocas	DF	DM	AP	REND	FEsp
Antesis	61.0a	111.3a	96.46b	3856a	3.53c
Postantesis	61.6a	111.2a	99.2a	3871a	4.13b
Preantesis	61.2a	111.1a	94.5b	3826a	3.86bc
Control	61.2a	108.4b	99.5a	3090b	4.86a
Tukey (α=0.05)	1.2	0.95	4.6	518	0.47

DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de Furariosis en la espiga (escala del 1 al 9).

En el Cuadro 3, se presenta la comparación de medias entre genotipos durante la evaluación de la época de aplicación del fungicida para el control del *Fusarium*. La variedad Sumai-3 destacó por su resistencia a la enfermedad (1.00), presentó un ciclo tardío y un porte alto, y obtuvo un rendimiento de 3688 kg ha^{-1}, sobresaliendo de los genotipos susceptibles Gamenya y Ocoroni F86. Heilo fue el genotipo con más rendimiento (5167 kg ha^{-1}) y expresó buen nivel de resistencia (2.0). Por otro lado, la línea Falcin también expresó un nivel de resistencia intermedia (3.91).

Cuadro 3. Comparación de medias entre genotipos en la evaluación de la época de aplicación del fungicida.

Genotipos	DF	DM	AP	REND	FEsp
Sumai-3	66.2a	114.3a	120.1a	3688c	1.00e
Gamenya	61.1c	110.8b	98.1b	1851d	5.91b
Falcin	56.6e	109.2c	100.1b	4353b	3.91c
Ocoroni F86	58.3d	106.5d	73.9c	3243c	7.66a
Heilo	64.0b	111.7b	95.0b	5167a	2.00d
Tukey (α=0.05)	1.42	1.13	5.51	617.8	0.57

DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de *Furariosis* en la espiga (escala del 1 al 9).

Los resultados de esta prueba señalan que el fungicida Tilt® reduce la *Fusariosis* y disminuye pérdidas en el rendimiento, siendo más efectivas si se aplica en Antesis y Post-antesis. Meng *et al*. (2023) coincide que el uso del Propiconazol en las primeras etapas de floración controla la acumulación de micotoxinas por *Fusarium* en el grano. Por otra parte, otros estudios reportan que la aplicación dos días posteriores a la

inoculación del patógeno es más efectiva en reducir la incidencia de *Fusarium*. No existe una etapa específica para aplicar si no al momento de la infección que normalmente se desarrolla cuando las condiciones ambientales son propicias (Pirgozliev *et al*., 2008). Entre los genotipos evaluados, Heilo demostró pocos daños por *Fusarium* y buen rendimiento, Španić *et al*. (2023) mencionan que en variedades resistentes las aplicaciones de fungicidas serán más eficaces.

Conclusiones

Se demostró que la aplicación del fungicida Tilt® (Propiconazol) en la etapa de Antesis y Post-antesis fue eficaz para reducir la incidencia de *Fusarium* y mantener altos rendimientos en trigo. En particular, la aplicación en la antesis presentó menor severidad de la enfermedad. Igualmente, se observaron diferencias significativas entre los genotipos, resaltando Heilo por su buen rendimiento y poca incidencia, y Sumai-3 con buena resistencia, La interacción significativa entre época y genotipo en la incidencia de *Fusariosis* indicó que la eficiencia del fungicida depende de la resistencia del genotipo.

Agradecimientos

El experimento fue financiado por CIMMYT – INIFAP a través del proyecto “Entendiendo y manejando el tizón de la espiga por *Fusarium* en México”

Referencias

Cowger, C., Read, Q. D., Clark, L., & Dong, Y. (2023). Optimal Timing of Fungicide Application to Manage *Fusarium* Head Blight in Winter Barley. Plant disease, 107(7), 2054–2060. https://doi.org/10.1094/PDIS-01-23-0021-RE

González-Domínguez, E., Meriggi, P., Ruggeri, M., & Rossi, V. (2021). Efficacy of Fungicides against *Fusarium* Head Blight Depends on the Timing Relative to Infection Rather than on Wheat Growth Stage. Agronomy, 11(8), 1549. https://doi.org/10.3390/agronomy11081549

Meng, D., Dong, X., He, X., Pan, R., Sun, M., Chu, Y., Tong, Z., Yi, X., Fan, H., Gao, T., & Duan, J. (2023). Effects of wheat varieties, fungicides and application time on *Fusarium* head blight and deoxynivalenol contamination control in wheat. Pest management science, 79(12), 4784–4794. https://doi.org/10.1002/ps.767

Pirgozliev, S., Ray, R., Edwards, S., Hare, M., & Jenkinson, P. (2008). Effect of timing of fungicide application on the development of *Fusarium* head blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in winter wheat grain. Cereal Research Communications, 36(2), 289-299. https://doi.org/10.1556/crc.36.2008.2.9

Spanic, V., Sunic, K., Duvnjak, J., Babic, J., & Drezner, G. (2023). Winter Wheat Grain Yield Response to Fungicide Application at Different Stages and *Fusarium* Head Blight is Rather Influenced by Variety and Year. Romanian Agricultural Research, 2023(40), 535–547. https://doi.org/10.59665/rar4050

REACCIÓN AL CARBÓN PARCIAL (*TILLETIA INDICA* MITRA) DE VARIEDADES Y LÍNEAS AVANZADAS DE TRIGO HARINERO DURANTE EL CICLO 2023-2024

Guillermo Fuentes-Dávila[1]*, Alberto Borbón-Gracia[1], Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros[1], María Monserrat Torres-Cruz[1], José Ángel Marroquín-Morales[1], Gabriela Chávez-Villalba[1]

[1]Campo Experimental Norman E. Borlaug - CIRNO - INIFAP.
*Autor para correspondencia: fuentes.guillermo@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Triticum aestivum*, *Tilletia indica*, Carbón parcial.

Introducción

El carbón parcial causado por el hongo *Tilletia indica* (sin. *Neovossia indica*) ocurre en forma natural en trigo harinero (*Triticum aestivum*), trigo duro (*T. turgidum*), y triticale (X *Triticosecale*). Los granos infectados generalmente se afectan parcialmente, y no es muy común encontrar granos completamente afectados (Mitra, 1935). Esta enfermedad se reportó por primera vez en la India; después se reportó en Mexico, Pakistán, Nepal, Los Estados Unidos, la República de África del Sur y Afganistán (Fuentes-Dávila *et al*., 2024). El control de este organismo es difícil debido a que las teliosporas son resistentes a factores físicos y químicos. El control químico se puede llevar a cabo mediante aplicación de fungicidas durante el período de floración; sin embargo, cuando las regulaciones cuarentenarias estipulan que no hay nivel de tolerancia para la producción de semilla, esta medida no es económicamente redituable para aplicación comercial. El uso de variedades de trigo resistentes a la enfermedad es la medida de control más adecuada; además, el uso de tales variedades reduciría las posibilidades de introducir la enfermedad a áreas libres. Desde 1940's varias especies de *Triticum* han sido evaluadas para resistencia al carbón parcial (Singh *et al*., 1986). El objetivo de este trabajo fue evaluar la reacción a *Tilletia indica* en inoculaciones artificiales en campo, de veintidós líneas avanzadas y tres variedades comerciales de trigo harinero, actualmente en uso en el noroeste de México.

Materiales y métodos

Veintidós líneas avanzadas de trigo harinero y las variedades Onavas F2009, Borlaug 100 y CIANO M2018, se evaluaron para resistencia a carbón parcial durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2023-2024 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en el Block 910 del Valle del Yaqui, Sonora a 27º22´3.01" N y 109º55´40.22" W en un suelo de textura arcillosa y pH de 7.8. Las fechas de siembra fueron diciembre 1 y 12, 2023, usando aproximadamente 8 g de semilla para un surco de 0.7 m de largo en cama de dos hileras sin repeticiones. Las inoculaciones se hicieron inyectando 1 mL de una suspensión de esporidios alantoides (10,000/mL) con una jeringa hipodérmica durante el embuche en 10 espigas por línea. La preparación de inóculo y las inoculaciones se realizaron siguiendo la metodología descrita por Fuentes-Bueno y Fuentes-Dávila (2007). La cosecha y trilla de las espigas inoculadas se hizo manualmente, y el conteo de granos infectados y sanos y la evaluación se realizaron mediante inspección visual. Las líneas que se evaluaron fueron originadas del programa colaborativo entre el CIMMYT y el INIFAP.

Resultados y discusión

El rango de infección para la primera fecha de siembra fue de 17.3 a 62.9 %, con un promedio de 37.9, y para la segunda fue de 19.3 a 64.2 %, con un promedio de 41.2. La media de los tres porcentajes más altos de infección del testigo susceptible KBSUS fue de 95.7 %. Las variedades Onavas F2009, Borlaug 100 y CIANO M2028 presentaron un promedio de infección de 19.9, 34.3 y 28.2 %, respectivamente, mientras que las líneas con los porcentajes más altos por fecha de siembra fueron SUP152/HUIRIVIS#1//2*BORL14/3/KASUKO con 62.9 % en la primera fecha y CHIBIA//PRLII/ CM65531/3/FISCAL/4/DANPHE #1/5/CHIBIA//PRLII/CM65531/3/MISR 2/6/KASUKO con 64.2 % en la segunda fecha. Los promedios del porcentaje de infección de las dos fechas del grupo de variedades y líneas avanzadas se muestran en la Figura 1. Dentro de los promedios del porcentaje de infección, las variedades Onavas F2009 y CIANO M2018 así como tres líneas avanzadas (Cuadro 1) estuvieron dentro de la categoría de infección 10.1-30.0 %, mientras que Borlaug 100 y 19 líneas avanzadas dentro de la categoría de infección > 30.1 %.

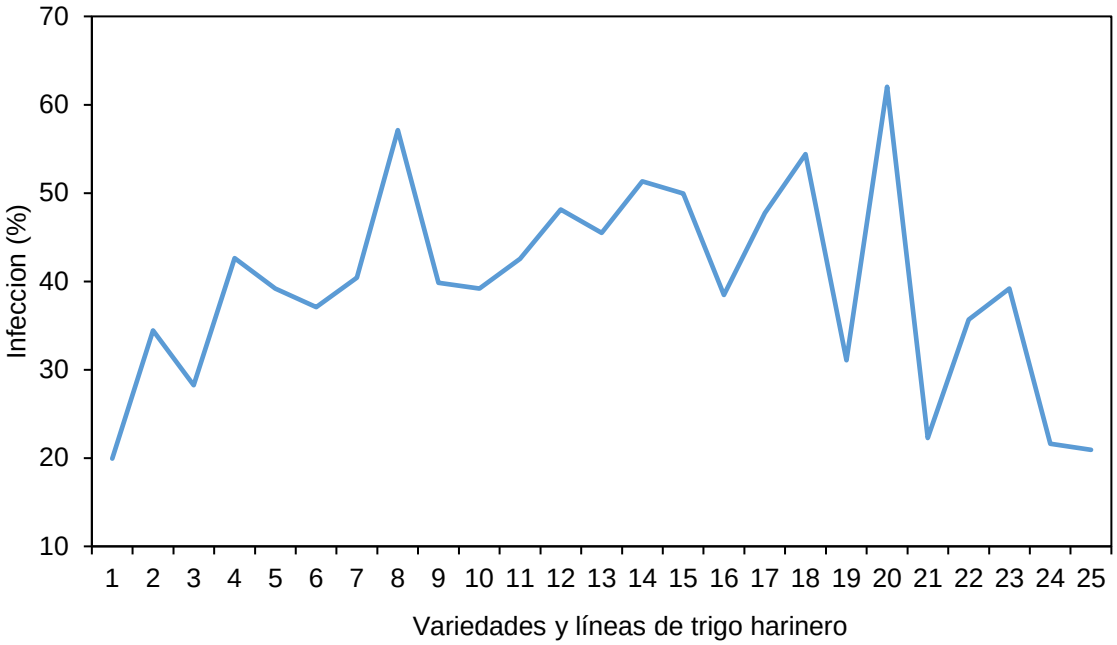


Figura 1. Promedio del porcentaje de infección por carbón parcial, en 22 líneas y tres variedades de trigo harinero, inoculadas artificialmente en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en dos fechas de siembra, durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, en el Valle del Yaqui, Sonora, México. 1= Onavas F2009, 2= Borlaug 100, 3= CIANO M2018.

Cuadro 1. Líneas avanzadas de trigo harinero inoculadas artificialmente en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, en dos fechas de siembra, que presentaron los promedios más bajos de infección, durante el ciclo otoño-invierno 2023-2024, en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Línea No.	Pedigrí e historial de selección
21	SUP152/QUAIU#2//BECARD/QUAIU#1/6/KSW/SAUAL//SAUAL/3/TRCH/ HUIRIVIS#1/5/UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/ SHAMA CMSS16B01244S-099M-0SY-099M-9Y-0WGY
24	BABAX/LR42//BABAX/3/ER2000/4/NIGHAR*2/6/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/SOKOLL/WBL L1/4/HUW234+LR34/PRINIA//PBW343*2/KUKUNA/3/ROLF07/5/WHEAR/SOKOLL CMSS18Y00164T-099TOPM-099Y-099M-3Y-0WGY
25	SUP152/TECUE #1//SUP152/3/2*BORL14/4/BORL14//KFA/2*KACHU CMSS17B00591S-099M-099Y-099M-17Y-0WGY

Líneas o variedades con niveles de infección menores al 5% se consideran como resistentes (Fuentes-Dávila y Rajaram, 1994). Las variedades de trigo que se han liberado, tienen características importantes como resistencia a la roya de la hoja, roya amarilla, rendimiento y calidad. Debido a la susceptibilidad predominante al carbón parcial que se presenta en los trigos harineros, es importante que las líneas avanzadas se evalúen en forma continua para asegurar genotipos con tolerancia/resistencia a esta enfermedad, y de esta manera, asegurar un cultivo comercialmente viable para los productores del estado de Sonora y que satisfaga los requerimientos de la industria.

Conclusiones

Las variedades Onavas F2009, Borlaug 100 y CIANO M2028 presentaron un promedio de infección de 19.9, 34.3 y 28.2 %, respectivamente, después de inocularse artificialmente en campo con carbón parcial en dos fechas de siembra.

Las líneas SUP152/QUAIU#2//BECARD/QUAIU#1/6/KSW/SAUAL//SAUAL/3/TRCH/HUIRIVIS#1/5/ UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/SHAMA, BABAX/LR42//BABAX/3/ ER2000/4/NIGHAR*2/6/PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/SOKOLL/WBLL1/4/HUW234+LR34/PRINIA//PBW3

43*2/KUKUNA/3/ROLF07/5/WHEAR/SOKOLL y SUP152/TECUE#1//SUP152/3/2*BORL14/4/BORL14//KFA/2*KACHU, presentaron los porcentajes de infección más bajos.
Las líneas con los porcentajes más altos por fecha de siembra fueron SUP152/HUIRIVIS#1//2*BORL14/3/KASUKO con 62.9 % en la primera fecha y CHIBIA//PRLII/CM65531/3/FISCAL/4/DANPHE#1/5/CHIBIA//PRLII/CM65531/3/MISR 2/6/KASUKO con 64.2 % en la segunda fecha.

Agradecimientos
Se agradece al INIFAP por el apoyo al proyecto “Programa nacional de mejoramiento genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable de trigo en México”.

Referencias bibliográficas

Fuentes-Bueno I, and Fuentes-Dávila G. 2007. Reaction of wheat cultivars WL-711 (*Triticum aestivum*) and Altar C84 (*T. turgidum* subsp. *turgidum*) to inoculation with *Tilletia indica* cultures obtained from infected wheat cultivars Baviacora M92 (*T. aestivum*) and Altar C84 under natural conditions in the Yaqui valley, Sonora, Mexico. Annual Wheat Newsletter 53:48-52.

Fuentes-Dávila, G., Torres-Cruz, M.M., Félix-Valencia, P., Rosas-Jáuregui, I.A., and Borbón-Gracia, A. 2024. Biological effectiveness of Tebuconazole under three commercial names and Epoxyconazole, for control of Karnal Bunt in the field. World Journal of Advanced Research and Reviews 24(02):713-722. DOI: 10.30574/wjarr.2024.24.2.3381.

Fuentes-Davila, G., and Rajaram, S. 1994. Sources of resistance to *Tilletia indica* in wheat. Crop Protection 13:20-24. https://doi.org/10.1016/0261-2194(94)90131-7.

Mitra, M. 1935. Stinking smut (bunt) of wheat with a special reference to *Tilletia indica* Mitra. Indian J. Agric. Sci. 5:1-24.

Singh DV, Joshi LM, and Srivastava KD. 1986. Varietal suceptibility and spread of Karnal Bunt of wheat in India. Rachis 5(2):40-42. CABI Record Number: 19881109419.

EVALUACIÓN DE VIVEROS TRAMPA PARA ENFERMEDADES DE LA CEBADA: UNA ESTRATEGIA PARA SU ESTUDIO

María Florencia Rodríguez-García[1*], Miguel González-González[1], Andrés Mandujano-Bueno[2], Agustín Limón-Ortega[1]

[1]INIFAP-CEVAMEX; [2]INIFAP-CEBAJ.
*Autor para correspondencia: rodriguez.maria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Severidad, resistencia, genotipos.

Introducción

En México la cebada se siembra en su mayoría bajo condiciones de temporal, las zonas de mayor importancia se ubican en los Valles Altos de la Mesa Central de México. La productividad del cultivo se ve disminuida por la presencia de factores abióticos y bióticos, de estos últimos, las enfermedades causadas principalmente por hongos son las más importantes. Rodríguez *et al*., (2022) menciona que, en las zonas productoras de temporal de México, las enfermedades de mayor importancia por las pérdidas en rendimiento que ocasionan y la mala calidad física del grano son: la roya de la hoja causada por el patógeno *Puccina hordei*, roya lineal o amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*), mancha en red (*Drechslera teres*), mancha moteada (*Bipolaris sorokiniana*) y escaldadura (*Rhynchosporium secalis*). Con menor incidencia se ha reportado la presencia de la roya del tallo en cebada y el hongo que la causa es *Puccinia graminis* f. sp. *secalis*. En los últimos ciclos de producción, la incidencia de las enfermedades ha incrementado debido a múltiples factores; Rodríguez *et al*., (2023) indicaron que el aumento en la incidencia de roya amarilla puede ser ocasionado por la variabilidad del patógeno de un año a otro, la baja resistencia de las variedades sembradas y variaciones en temperatura. Para el control de enfermedades en cebada, la estrategia más viable, segura y amigable con el ambiente es el control genético, para lo cual, se deben de evaluar constantemente bajo condiciones de enfermedad el germoplasma generado por los programas de mejoramiento y se debe monitorear constantemente la variabilidad patogénica de los organismos causantes de las enfermedades. El objetivo de esta investigación fue evaluar en ambientes contrastantes genotipos de cebada con diferente nivel de resistencia y utilizarlos como un vivero trampa para el monitoreo de las enfermedades.

Materiales y métodos

Durante el ciclo primavera-verano/2022, se evaluaron 20 genotipos de cebada: ocho variedades (Apizaco, Puebla, Esmeralda, Guanajuato, Esperanza, Alina, Armida y Maravilla); y 2 líneas elite (Frida “s” y Alexia “s”), generadas por el INIFAP; seis variedades introducidas a México por los consorcios cerveceros (ABI Growler, ABI Voyager, AC Metcalfe, Brennus, Meztli y Prunella); la variedad Doña Josefa de Grupo Modelo S.A. de C.V. y tres genotipos utilizados como diferenciales de roya amarilla (Kapútar, Mazurka y Heils Franken), sembrados en tres localidades de la Mesa Central de México: 1) Santa Lucia, Texcoco, Estado de México - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México (INIFAP-CEVAMEX), ubicado a 19° 26’ 44.47” LN y 98° 53’ 19.27” LO y una altitud de 2 257 msnm; 2) La Unión Ejidal Tierra y Libertad, Tlaxco, Tlax. a 19° 39’ 52” LN, 98° 19’ 57” LO y 2 518 msnm; 3) Moxolahuac, Tlahuapan, Puebla, 19° 26’ 32.67” LN y 98° 32’ 33.11” LO a una altura de 2 765 msnm. La incidencia de las enfermedades se presentó de forma natural en los tres ambientes de evaluación. Utilizando la escala de Cobb modificada para royas y, Saari y Prescott para manchas foliares, se registró la severidad de la enfermedad y el tipo de respuesta de los genotipos a las enfermedades que se presentaron durante el ciclo de cultivo: roya amarilla (RA), roya de la hoja (RH), roya del tallo (RT), mancha en red (MR), mancha marrón (MM) y escaldadura (ESC). Se tomaron cinco lecturas durante el ciclo de cultivo a partir de que se presentaron los primeros síntomas de las enfermedades en cada localidad.

Resultados y discusión

Las manchas foliares se presentaron desde etapa de plántula. En el Cuadro 1 se presenta el porcentaje de severidad y la respuesta de los genotipos para las enfermedades observadas. RA se presentó en los tres ambientes, identificando una mayor severidad en La Unión. RH se presentó en Santa Lucia y Moxolahuac, mientras que, RT solo en Santa Lucia. Las manchas foliares MR y MM se identificaron en los tres ambientes a diferencia de ESC que se observó en Moxolahuac y La Unión. Las condiciones ambientales juegan un

papel importante en la presencia y/o ausencia de enfermedades, Stubbs *et al*., (1986) sugiere que es importante evaluar el germoplasma en ambientes diferentes, lo que permitirá identificar genotipos con resistencia y por otra parte variabilidad del patógeno.

Para RA los genotipos con resistencia moderada a susceptibilidad fueron Esmeralda, Alina, Armida, Doña Josefa, Maravilla, Mazurca, Prunella, Frida “s”, Alexia “s” y Heils Franken; en tanto que, Brennus y Meztli fueron MR-MS en La Unión, pero susceptibles en Moxolahuac con lecturas de 40S y 30S, respectivamente; por lo que se infiere que son diferentes aislamientos del hongo los que se presentaron en cada localidad. Rodríguez *et al*. (2023) en al año 2021 identifico nueve aislamientos de RA de cebada que se presentaron en los estados de Tlaxcala, Estado de México e Hidalgo, indicando una amplia variabilidad del patógeno que se presenta año con año; también mencionaron que Heils Franken es el diferencial para detectar la raza 24 de roya amarilla, por lo que con base en los resultados observados para el ciclo agrícola primavera-verano/2022, no se detectó la presencia de dicha raza.

Cuadro 1. Severidad y respuesta en planta adulta de genotipos de cebada a enfermedades en tres ambientes de temporal durante el ciclo P-V/2022.

Genotipo	RA			RH		RT	MR			MM			ESC	
	UNI	SL	MOX	SL	MOX	SL	UNI	MOX	SL	SL	MOX	UNI	MOX	UNI
Apizaco	80S	10MS	5R	TR	TR	0	0	1	0	1	5	0	0	0
Kapútar	60S	5MS	0	0	0	0	0	5	0	5	5	1	0	0
Puebla	80s	0	0	5MS	0	0	0	1	0	5	5	1	0	0
Esmeralda	15MS	0	0	5MS	TR	0	0	1	0	5	5	0	0	0
Guanajuato	80S	5MS	0	TR	0	0	15	40	10	0	1	5	0	0
Esperanza	20MS	0	5R	5MS	0	0	0	1	1	5	5	0	0	0
Alina	15MS	0	0	5MS	0	0	0	1	1	5	5	0	0	0
Armida	5R	0	0	5MS	0	0	1	1	1	5	5	0	0	0
DJ	0	0	0	5MS	0	0	0	1	1	1	5	0	0	0
ABI Growler	90S	5MS	0	TR	0	5MS	10	10	10	1	5	1	0	0
ABI Voyager	60S	5MS	0	TR	0	0	0	5	0	5	5	0	0	0
AC Metcalfe	20MS	TR	0	10MS	0	0	1	1	0	5	5	0	0	10
Maravilla	5R	0	0	5MS	0	0	1	5	0	1	5	0	0	5
Mazurka	10MR	0	0	TR	0	0	0	1	1	5	5	0	5	0
Brennus	5R	0	40S	0	0	0	20	40	15	0	0	1	0	1
Meztli	15MS	5MS	30S	TR	0	0	15	30	5	0	0	1	0	0
Prunella	5R	TR	0	TR	0	0	20	30	15	1	0	0	0	0
Frida “s”	5R	0	0	5MS	0	0	0	1	1	0	5	0	0	0
Alexia “s”	10MR	0	0	TR	0	0	0	1	1	0	5	0	0	0
HF	TR	0	0	10MS	0	0	10	5	5	1	10	10	0	0

DJ: Doña Josefa; HF: Heils Franken; UNI: La Unión; SL: Santa Lucia; MOX: Moxolahuac; RA: roya amarilla; RH= roya de la hoja; RT= roya del tallo; MR= mancha en red; MM: mancha marrón; ESC= escaldadura; TR= trazas de esporulación; R= resistencia; MR: moderada resistencia; MS: moderada susceptibilidad; S: susceptible.

Para RH, la severidad observada en los genotipos fue baja, no obstante, se identificaron dos genotipos resistentes con 0 % de infección Kapútar y Brennus. De acuerdo con Park *et al*., (2025), el uso de viveros trampas para el estudio de la variabilidad patogénica de la roya de la hoja ha dado resultados favorables en Australia y ha permitido identificar 52 variantes del patógeno.

Para manchas foliares, la más frecuente fue mancha en red, identificándose como susceptibles Guanajuato, Brennus, Meztli y Prunella, dichos genotipos son de dos hileras y a excepción de Guanajuato, son las variedades introducidas por los consorcios cerveceros y las que se han sembrado en la actualidad. La presencia de mancha en red en los últimos ciclos agrícolas se ha incrementado. Se especula que se debe principalmente a la siembra de variedades susceptibles, a la variabilidad patogénica del hongo,

adaptabilidad del patógeno a condiciones ambientales más erráticas como aumento en temperatura y precipitaciones irregulares. En México poco se ha estudiado, por lo que el uso de viveros trampa representa una estrategia adecuada para monitorear su presencia en las principales zonas productoras y posteriormente con la colecta de muestras vegetales con síntomas de la enfermedad, estudiar la variabilidad del patógeno. La mancha marrón y la escaldadura fueron enfermedades de gran importancia hasta la década de los 90's, afectaban principalmente a cebadas de seis hileras en la espiga. Durante este ciclo de evaluación la severidad observada fue baja registrándose valores de 1 a 10 %; sin embargo, deben de continuar monitoreándose ya que su comportamiento pude cambiar de un ciclo a otro.

Es importante incluir más genotipos de cebada en un vivero trampa de enfermedades lo que permitirá identificar de manera oportuna algún cambio en la virulencia de los patógenos causantes de enfermedades de la cebada en México.

Conclusiones

En los ambientes evaluados durante el ciclo primavera-verano/2022 no se detectó la presencia de la raza 24 de roya amarilla de la cebada. El establecimiento de viveros trampa es una estrategia útil, para identificar la presencia y/o ausencia de enfermedades de importancia económica. Se deben colectar muestras vegetales con síntomas de enfermedades para posteriormente bajo condiciones de laboratorio identificar el agente causal.

Referencias bibliográficas

Park, R. F., Derevnina, L., Karaoglu, H., Dracatos, P. M., Golegaonkar, P. G., Sandhu, K. S., Elmansour, H. M., and Singh, D. 2015. Leaf Rust of Cultivated Barley: Pathology and Control. Annual Reviews Phytopathol. 53:565–589.

Rodríguez-García, M. F., González-González, M., Mandujano-Bueno, A. 2023. Variability of *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*, resistance and agronomic behavior of two-row barley germplasm. Mexican Journal of Phytopathology 41(1):5-25.

Rodríguez, G. M. F., González, G. M., Mandujano, B. A. 2022. Enfermedades comunes de la cebada en México. Folleto técnico No. 1. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. 39 p.

Stubbs, R. W., Prescott, J. M., Saari, E. E., and Dubin H. J. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México. 46 p.

EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD EN VIRULENCIA DE *Phytophthora cinnamomi* EN HOJAS DE *Nicotiana benthamiana*

Alejandra Mondragón-Flores [1]*, Marlene Díaz-Celaya [2], Gerardo Rodríguez-Alvarado [2], Sylvia P. Fernández-Pavía [2]

[1]INIFAP, Campo Experimental Uruapan, [2]IIAF, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales.
*Autor para correspondencia: mondragon.alejandra@inifap.gob.mx

Palabras clave: Inoculación, lesiones, zoosporas.

Introducción

Phytophthora cinnamomi causa pudrición de raíz, una de las principales enfermedades del cultivo del aguacate, que afecta el 5 % de la superficie cultivada en México. *P. cinnamomi* es una especie heterotalica, sin especialización de hospedante y con dos tipos de compatibilidad (A1 y A2), con baja variabilidad genética y no se reproduce de forma sexual en el campo, aun cuando los dos tipos de compatibilidad estén presentes. Algunos estudios indican que esta especie presenta variación en el fenotipo y en el nivel de virulencia, debido probablemente a factores climáticos y a la recombinación mitótica que es muy frecuente en los linajes clonales (Dobroolski *et al*., 2003). En México un estudio de diversidad genotípica utilizando AFLPs, detectó variabilidad genética, los aislados se separaron en dos clados correlacionados con su origen geográfico, y posteriormente detectaron diferencias en su virulencia (Ochoa-Fuentes *et al*., 2015). Sin embargo, para corrobar lo anterior, en necesario más estudios de variación que incluyan más sitios de muestreo y un mayor número de aislados. Por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar la variabilidad en virulencia de aislados de *P. cinnamomi* inoculados en hojas de *Nicotiana benthamiana*.

Materiales y métodos

Se usaron 50 aislados de *P. cinnamomi*, previamente recuperados de raíces de aguacate con pudrición en nueve municipios productores del estado de Michoacán (Mondragón-Flores, 2022). La variabilidad en virulencia se determinó mediante el método de inoculación de hojas separadas utilizando la planta modelo *Nicotiana benthamiana*, que es útil cuando se evalúan un gran número de aislados, de acuerdo a Belisle *et al*. (2019), la semilla fue donada por el Dr. Julio Vega Arreguín de la ENES-UNAM-León. Para el desarrollo de las plantas, semillas de *N. benthamiana* se sumergieron Atsagib® al 10 % (ácido giberélico al 90%), durante 24 h, posteriormente se pusieron en sustrato estéril, Sunshine® y perlita en una proporción de 2:1. Una vez que las semillas germinaron y que las plantas presentaban cinco hojas verdaderas, se trasplantaron a macetas con el mismo sustrato adicionado con 2 g de fertilizante basacote plus® por litro de sustrato. Las plantas se mantuvieron en condiciones de invernadero y riego diario, cuando tenían aproximadamente cinco semanas de edad se seleccionaron hojas que fueran similares en tamaño. En la superficie abaxial de las hojas se colocó una alícuota de 20 µL de una suspensión de zoosporas a una concentración de 1000 mL^{-1}. Las hojas inoculadas se colocaron en cajas Petri con medio agar agua al 1.5% y se incubaron en condiciones de laboratorio a 25 °C, tres días después se tomaron fotos a las lesiones de cada hoja y se midieron usando el programa ***image j***. Con los datos obtenidos de las mediciones de lesiones en las hojas de N. benthamiana se hizo un análisis de varianza y una comparación múltiple de medias (Tukey, 0.05).

Resultados y discusión

Los aislados ocasionaron lesiones de diferentes tamaños en las hojas inoculadas, encontrándose diferencias significativas (P>0.001). En la comparación de medias se formaron seis grupos, 46 aislados se comportaron estadísticamente igual compartiendo grupos, ocasionando lesiones que oscilaron entre 8 y 19 cm^2. Los aislados UPNS-4-1, TGR-3-5 (De Uruapan y Tinguindin respectivamente) se separaron comportándose como los más virulentos causando lesiones de más de 20 cm^2 y TANR-3-5, ZITR-3-3 (de Tancítaro y Zitácuaro respectivamente) se ubicaron en el otro extremo como los menos virulentos con lesiones menores de 5 cm^2 (Figura 1). El tamaño de las lesiones ocasionadas por el resto de los aislados oscilo entre 19.39 y 8. 12 cm^2 Cuadro 1).

Respecto a la posible relación entre la virulencia y su origen geográfico, los análisis estadísticos indican que no existe una relación (P>0.517).

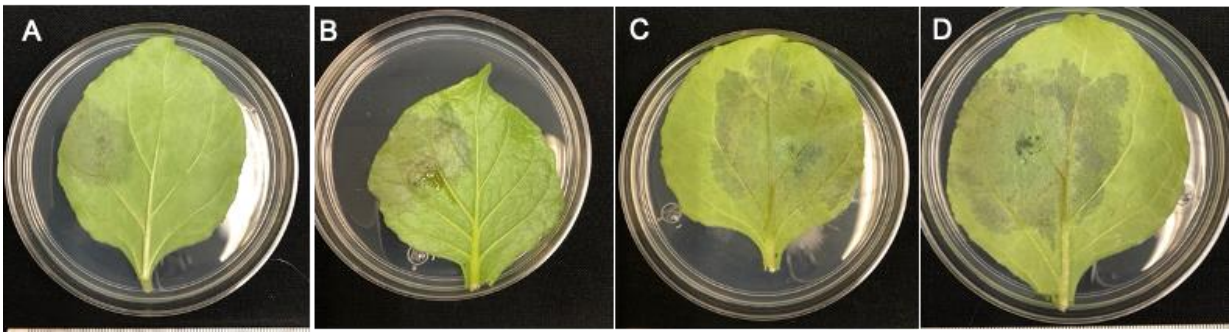


Figura 1. Lesiones en hojas de *N. benthamiana* provocadas por los aislados menos y más virulentos de *P. cinnamomi*. A) Lesión ocasionada por el aislado TANR-3-5; B) Lesión ocasionada por ZITR- 3-3; C) Lesión ocasionada por el UPNS-4-1 D) Lesión ocasionada por el aislado TGR- 3-5.

Cuadro 1. Origen de los aislados y comparación de medias de tamaño de lesión en cm^2 ocasionado por *P. cinnamomi* en hojas de *N. benthamiana.*

Origen	Aislado	Lesión	Origen	Aislado	Lesión
Uruapan	UPNS-4-1	20.6 a	Tancítaro	TANR-2-7	14.06 abcd
Tinguindín	TGR-3-5	20.05 a	S. Escalante	SER-2-3	14.03 abcd
S. Escalante	SER-1-4-	19.39 ab	Peribán	PRS-4-18	13.94 abcd
Tancítaro	TANS-5-22	18.87 ab	A. Rosales	ARR-3-4	13.70 abcd
Nvo. San Juan	SJNR-4-12	18.66 ab	Peribán	PRS-5-23	13.63 abcd
Peribán	PRS-3-13	18.40 ab	Viveros	CAV-7	13.46 abcd
Tancítaro	TANR-1-5	18.34 ab	Zitácuaro	ZITR-5-5	13.24 abcd
Tinguindin	TGR-4-6	17.37 ab	Peribán	PRS-1-1	13.03 abcd
Zitácuaro	ZITR-3-4	17.11 ab	Nvo. San Juan	SJNR-6-22	12.72 abcd
A. Rosales	ARR-4-1	16.86 ab	Peribán	PRS-2-10	12.54 abcd
Ziracuaretiro	ZCA-5-3	16.56 ab	Ziracuaretiro	ZCA-3-2	12.43 abcd
Uruapan	UPNR-2-5	16.52 ab	Zitácuaro	ZITR-2-5	12.37 abcd
Zitácuaro	ZITR-1-1	16.48 ab	Uruapan	UPNS-3-4	11.97 abcd
Uruapan	UPNR-1-1	16.44 abc	Ziracuaretiro	ZCA-4-3	11.92 abcd
Tinguindín	TGR-4-3	16.24 abc	Viveros	CAV-15	11.84 abcd
Ziracuaretiro	ZCA-2-2	16.07 abc	Viveros	CAV-11	11.81 abcd
Nvo. San Juan	SJNR-3-3	16.03 abc	A. Rosales	ARR-1-4	11.6 abcd
Nvo. San Juan	SJNR-3-4	15.69 abcd	Tinguindín	TGR-1-5	11.31 abcd
Viveros	CAV-12	15.64 abcd	Nvo. San Juan	SJNR-2-3	11.26 abcd
S. Escalante	SER-5-6	15.49 abcd	Nvo. San Juan	SJNR-5-4	10.59 abcd
S. Escalante	SER-4-5	15.38 abcd	A. Rosales	ARR-2-2	9.46 abcd
Ziracuaretiro	ZCA-1-4	15.11 abcd	Tinguindín	TGR-2-3	9.05 abcd
Uruapan	UPNR-4-4	15.02 abcd	Tancítaro	TANR-4-4	8.12 bcd
A. Rosales	ARR-5-4	14.82 abcd	Tancítaro	TANR-3-5	4.58 cd
S. Escalante	SER-3-6	14.71 abcd	Zitácuaro	ZITR-3-3	3.87 c

Todos los aislados provienen del mismo hospedente y se colectaron el mismo año, por lo que se descarta que esos factores tuvieran un efecto en la variación. Resultados de estudios realizados por Garbelotto *et al*. (2006) indican que las temperaturas frías son desfavorables para este patógeno y que el lugar de origen

podría influir en la virulencia, contrario a esto nuestros resultados indican que no hay una relación entre a la virulencia y el origen geográfico de los aislados. Aunado a esto, Eggers *et al*. (2012), no encontraron diferencias en el grado de patogenicidad de aislados de *P*. *cinnamomi*, en pruebas hechas en tallos de encino rojo, lo cual es contrario a nuestros resultados. La variación en virulencia de aislados de *P*. *cinnamomi* provenientes de pudrición de raíz de aguacate también se ha reportado por otros autores como Ochoa-Fuentes *et al*. (2015), quienes también reportan una relación entre el origen geográfico y la virulencia de los aislados, sin embargo, en nuestro estudio no se encontró esa relacion.

Conclusiones

El método de hojas separadas utilizando la planta modelo *N*. *benthamiana* es una buena alternativa para evaluar virulencia de un gran número de aislados.

Referencias bibliográficas

Belisle R, McKee B, Hao W, Crowley M, Arpaia ML, Miles TD, Adaskaveg JE and Manosalva P. 2019b. Phenotypic characterization of genetically distinct Phytophthora cinnamomi isolates from avocado. Phytopathology 109 (3): 384-394. https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-17-0326-R

Dobrowolski MP, Tommerup IC, Shearer BL and O'Brien PA. 2003. Three clonal lineages of Phytophthora cinnamomi in Australia revealed by microsatellites. Phytopathology 93:695-704. https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.6.695

Eggers JE, Balci Y and MacDonald WL. 2012. Variation among Phytophthora cinnamomi isolates from oak forest soils in the eastern United States. Plant Disease 96:1608-1614. doi: 10.1094/PDIS-02-12-0140

Ochoa-Fuentes M, Cerna-Chávez E, Gallegos-Morales G, Cepeda-Siller M, Landeros-Flores J y Flores-Olivas A. 2015. Variabilidad patogénica de *Phytophthora cinnamomi* Rands en *Persea americana* Mill. de Michoacan, Mexico. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 2(5):211-215

EXPRESIÓN DE GENES TRANSPORTADORES DE AZÚCARES EN LA INTERACCIÓN PLANTA–NEMATODO–HONGO ENDÓFITO

Luis Yobani Gayosso–Rosales[1,3*]; Emma Zavaleta–Mejía[1]; Reyna Isabel Rojas–Martínez[1]; Stefan de Folter[2]; Daniel Leobardo Ochoa–Martínez[1]; Manuel Silva–Valenzuela[1]; Víctor Manuel Zúñiga–Mayo[1]

[1]COLPOS– Campus Montecillo; [2]UGA–LANGEBIO, CINVESTAV–IPN, Irapuato. [3]CIRPAS-INIFAP, Valles Centrales de Oaxaca.
*Autor para correspondencia: gayosso.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Stagonospora trichophoricola*; *Nacobbus aberrans*; *Solanum lycopersicum*.

Introducción

El nematodo *N. aberrans*, es capaz de infectar una gran variedad de cultivos de importancia económica en varios países del mundo (Jones *et al*., 2013). Los juveniles del segundo estadio (J2) inducen la formación de un sitio de alimentación conocido como sincitio, dentro de una agalla en la raíz (Manzanilla–López *et al*., 2002). Los sincitios proveen los nutrimentos necesarios para el desarrollo de los nematodos (Manzanilla–López *et al*., 2002). Por otro lado, existe evidencia de que la colonización de plantas por hongos endófitos benéficos puede reducir la infección por nematodos fitopatógenos al competir por los nutrimentos en el interior de la planta (Sikora *et al*., 2008).
La información sobre este último mecanismo de control es escasa. Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivos: conocer la regulación de la expresión de los genes transportadores de azúcares *SlSUT1*, *SlSWEET11d*, *SlTMT2* y *SlVGT1* en raíces de plantas de tomate inoculadas con *S. trichophoricola* y *N. aberrans.*

Materiales y métodos

Se utilizaron plantas de tomate cv. Río Grande (RG), las cuales se mantuvieron en condiciones controladas con fotoperíodo de 12 h luz/12 h obscuridad, temperatura de 27±1 °C, y humedad relativa de 70%. Se estableció un experimento con cuatro tratamientos en un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron:

a) Plantas inoculadas solo con el hongo *St*
b) Plantas inoculadas solo con el nematodo *Na*
c) Plantas inoculadas con el hongo y con el nematodo *StNa*
d) Plantas no inoculadas (Testigo, *T*)

Se inocularon $1x10^6$ propágulos del hongo por mL aplicando 12 mL/planta, y 12 días después cada planta se inoculó con 2000 J_2 de *N. aberrans*. A los 14, 21 y 28 días posteriores a la inoculación con el nematodo (dpiNa) se tomaron muestras de raíz y tejido foliar. De cada tratamiento y para cada tiempo se tomaron tres grupos de cuatro plantas y cada grupo representó una repetición biológica. Las raíces y el follaje de cada repetición se congelaron con nitrógeno líquido y se almacenaron –80 °C hasta su uso.
Se realizó la extracción de ARN total de las muestras de raíces de cv. Río Grande utilizando el kit comercial "RNeasy® Plant mini kit (Qiagen)", siguiendo las instrucciones del fabricante; las extracciones de ARN se sometieron a una digestión con DNasa (Qiagen). La pureza del ARN obtenido se verificó por espectrofotometría a 260 nm utilizando un Nanodrop, y su integridad por electroforesis en gel de agarosa al 1.2 %. Para la síntesis de ADNc se utilizó la M–MLV retrotranscriptase (Promega™) y el oligo $dT_{12–18}$ (Invitrogen), siguiendo las instrucciones del fabricante. Los niveles relativos de expresión génica se cuantificaron utilizando el sistema de amplificación Applied Biosystems 7500 Fast Real Time PCR con oligonucleótidos específicos Zhao *et al*. (2018). La mezcla de reacción consistió de 12.5 µL de Maxima™ SYBR™ Green/ROX 2X (Thermo Scientific), 1 µL de cada oligonucleótido (10 mM) y 3 µL de cDNA (200 ng/µL), la mezcla de reacción se llevó a un volumen final de 25 µL ajustado con agua libre de nucleasas. Las condiciones de amplificación consistieron de una desnaturalización inicial a 95 °C por 10 min, seguida de 40 ciclos (95 °C por 15 s, 60 °C por 30 s y 72 °C por 1 min). Para descartar la formación de productos inespecíficos se incluyó un análisis de disociación. Para cada repetición biológica se incluyeron tres réplicas técnicas.

Los niveles de expresión relativa se determinaron por el método $2^{-\Delta\Delta CT}$ (Schmittgen y Livak, 2008), usando como referencia interna el gen *Ribulosa 1, 5 bifosfato carboxilasa–oxigenasa* (*RBCL*) para normalizar la expresión del gen de interés, y los valores de las plantas testigo para calibrar los niveles de expresión.

Resultados y discusión

La expresión de los genes *SlSUT1*, *SlVGT1* y *SlSWEET11d* a los 14 dpiNa fue baja en los tres tratamientos evaluados, a excepción de *SlTMT2*, el cual fue sobre–expresado en *Na*, seguido del tratamiento *St* ($p \leq 0.05$). A los 21 dpiNa, se encontró una sobreexpresión de *SlSUT1* en los tratamientos *Na* y *StNa* ($p \leq 0.05$); *SlSWEET11d* y *SlTMT2* fueron expresados en *St*, seguido de *Na* ($p \leq 0.05$), mientras que, *SlVGT1* fue sobre–expresado en *St*, *Na* y *StNa*, siendo menor la expresión en *Na* ($p \leq 0.05$).

A los 28 dpiNa, se indujo la sobreexpresión de *SlVGT1*, *SlSUT1*, *SlSWEET11d* en el tratamiento *StNa,* y *SlTMT2* su expresión fue baja en los tres tratamientos ($p \leq 0.05$). A los 14 dpiNa, el contenido de fructosa, glucosa y sacarosa en las raíces fue bajo y similar al testigo en los tratamientos *Na*, *St* y *StNa*. A los 21 y 28 dpiNa se registró un aumento en el contenido de azúcares solubles en los cuatro tratamientos con respecto a los 14 dpiNa, sin embargo, en general los contenidos de esos azúcares fueron significativamente mayores ($p \leq 0.05$) en plantas inoculadas solo con *Na*. Los resultados indican que tanto *Na* como *St* modificaron los niveles de expresión de los genes transportadores de azúcar y en *Na* se encontró una mayor acumulación de azúcares solubles en las raíces de tomate a los 21 y 28 dpiNa. Recientemente Zhao *et al*. (2018) reportaron la sobreexpresión de *SlSUT1*, *SlSUT2* y S*lSUT4* en raíces agalladas de tomate infectadas con *M. incognita*.

En la presente investigación se registró una mayor expresión del gen *SlSWEET11d* en raíces de tomate inoculadas con *St*, seguido de las plantas inoculadas con *Na*, mientras que en las plantas inoculadas con ambos microorganismos (*StNa*) la expresión fue menor a los 21 dpiNa. Se considera que los transportadores SWEET son de suma importancia para que las plantas puedan proporcionar azúcares a los hongos endófitos benéficos que las colonizan; así, An *et al*. (2019) y Manck–Götzenberger y Requena, (2016) reportaron la sobre–expresión de genes *SWEET* en raíces de *Medicago truncatula* colonizadas por el hongo *Rhizophagus irregularis* y en papa colonizada por *R. irregularis,* respectivamente. También en raíces micorrizadas de arroz, hubo una inducción del gen *OsSWEET3b* (Fiorilli *et al*., 2015), los transportadores SWEET de las plantas ayudan a proporcionar azúcares a los hongos endófitos benéficos que las colonizan y en consecuencia facilitan el establecimiento de una simbiosis de tipo mutualista.

Conclusiones

El nematodo agallador *Nacobbus aberrans* y el hongo endófito benéfico *Stagonospora trichophoricola*, fueron capaces de inducir la expresión de genes codificantes para proteínas transportadoras de azúcar en raíces de *Solanum lycopersicum*.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados–Campus Montecillo, por el apoyo brindado y las facilidades para llevar a cabo la investigación en el laboratorio de investigación Fisiología y biología molecular de la interacción planta-patógeno-vector y control biológico, en el Postgrado en Fitosanidad–Fitopatología.

Fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) mediante una beca de doctorado en ciencias, en el Postgrado de Fitosanidad–Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Referencias bibliográficas

Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., Kikuchi, T., Lopez – Manzanilla, R., Rius–Palomares, J.E., Wesemael, W.M.L., and Perry, R. N. (2013). "Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology". Molecular Plant Pathology, 14(9), 946–961.

Manzanilla–López, R. H., Costilla, M. A., Doucet, M., Franco, J., Inserra, R. N., Lehman, P. S., Cid del Prado–Vera, I., Souza, R.M and Evans, K. (2002). The genus Nacobbus Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): systematics, distribution, biology and management. Nematropica, 32(2), 149–228.

Schmittgen, T. D., and Livak, K. J. (2008). Analyzing real–time PCR data by the comparative CT method. Nature protocols, 3 (6), 1101–1108.

Sikora, R. A., Pocasangre, L., zum Felde, A., Niere, B., Vu, T. T., and Dababat, A. A. (2008). Mutualistic endophytic fungi and in–planta suppressiveness to plant parasitic nematodes. Biological Control, 46(1), 15–23.

Zhao, D., You, Y., Fan, H., Zhu, X., Wang, Y., Duan, Y., Xuan, Y., and Chen, L. (2018). The role of sugar transporter genes during early infection by root–knot nematodes. International Journal of Molecular Sciences, 19(1), 302.

EFECTIVIDAD DEL EXTRACTO DE NEEM Y CANELA EN LA MORTALIDAD DE ADULTOS DE *Diaphorina citri*

Luis Antonio Gálvez-Marroquín[1], Jorge Galván-Altamirano[2], Luis Yobani Gayosso-Rosales[1]

[1]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca; [2]Universidad para el Bienestar Benito Juárez García, sede Rio Grande.
*Autor para correspondencia: gayosso.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Psílido asiático, limón mexicano, insecticida botánico.

Introducción

La Costa de Oaxaca es una región de alta relevancia para la citricultura nacional. Actualmente, cuenta con una superficie cultivada de 4,539 hectáreas de limón mexicano, con un rendimiento promedio de 15.5 toneladas por hectárea y una producción total de 70,348 toneladas anuales (SIAP, 2023). Una de las principales limitantes para la producción de limón mexicano, es la enfermedad conocida como HLB (Huanglongbing), causada principalmente por la bacteria Candidatus Liberibacter. La importancia de esta bacteria se debe a que se establece en el tejido del floema, donde interfiere con el transporte de fotoasimilados, lo que conduce al debilitamiento progresivo de la planta y, eventualmente, a su muerte (Tatineni *et al*., 2008; Bové, 2006).

El principal vector del HLB es el psílido asiático *Diaphorina citri* Kuwayama, cuya población tiende a incrementarse durante la presencia de brotes tiernos en los cítricos. El manejo integrado de esta enfermedad incluye estrategias como la eliminación de plantas sintomáticas, la erradicación del hospedero alterno *Murraya paniculata*, y el control del vector mediante la aplicación de insecticidas químicos. No obstante, en esta región el uso de insecticidas químicos es limitado debido a sus efectos colaterales negativos, como la eliminación de enemigos naturales de *D. citri* y la proliferación de plagas secundarias, entre ellas la mosca prieta (*Aleurocanthus woglumi*). Por lo tanto, existe una búsqueda constante de productos como extractos vegetales que presenten alta efectividad de control de *D. citri* sin efectos adversos a sus enemigos naturales. En el estado Veracruz, se reporta alta efectividad de insecticidas botánicos para el control de *Diaphorina citri* en condiciones de campo, dentro de los que destaca el extracto de neem más canela a dosis de 1 L/ha (Gonzalez *et al*., 2016). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la efectividad del extracto de neem y canela sobre la mortalidad de adultos de *D. citri* recolectados de la zona productora de limón mexicano en la Costa de Oaxaca, bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

Lugar del estudio. El estudio se realizó en el laboratorio de Entomología Aplicada del Sitio Experimental Costa de Oaxaca del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en la localidad de Rio Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca.

Colecta de adultos de Diaphorina citri. Los insectos utilizados en el estudio fueron recolectados en una huerta de limón mexicano (*Citrus aurantifolia)* ubicada en la localidad de Los Limones, municipio de Villa de Tututepec, Oaxaca. Para su captura, se seleccionaron brotes tiernos con alta infestación de adultos de *D. citri*, los cuales fueron cubiertos con una bolsa de plástico antes de ser cortados y sellados para evitar el escape de los insectos. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio antes mencionado.

Tratamientos. Se evaluó el extracto a base de neem y canela (NeemAcar®) a dosis de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1, 2 y 3 L/ha y como tratamiento testigo se aplicó agua.

Establecimiento del experimento. Se colocaron brotes apicales de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) con 5 a 6 hojas, libres de insectos, de aproximadamente 15 cm de longitud en vasos desechables con tapa incluida #0 1oz, los cuales contenían agua corriente y una toalla de papel humedecida. Cada recipiente fue cubierto con una tapa perforada en el centro, donde se insertaron los brotes. Posteriormente, los brotes colocados en los vasos fueron cubiertos con jaulas entomológicas de aproximadamente 20 cm de altura (Figura 1).

Con ayuda de un aspirador entomológico se transfirieron 10 individuos adultos de *D. citri* a las jaulas entomológicas, hasta tener 10 individuos por jaula. Posteriormente, los insectos se mantuvieron durante 24 horas sin aplicación de tratamientos, con el fin de evaluar la mortalidad asociada al manejo. Finalizado este periodo, se aplicaron los tratamientos con las dosis previamente mencionadas, utilizando un

atomizador manual. El experimento tuvo una duración de tres días a partir de la aplicación de los tratamientos. Durante este periodo, la temperatura promedio fue de 27.9 °C (rango de 22.7 a 30.69 °C) y la humedad relativa de 79.57 % (rango de 49.18 a 85.37 %).



Figura 1. Jaulas entomológicas utilizadas en la evaluación del extracto de neem y canela contra adultos de *Diaphorina citri*.

Variable evaluada. Se determino la mortalidad de los adultos de *D. citri* a las 24, 48 y 72 horas a partir de la aplicación de los tratamientos. Los individuos muertos fueron examinados bajo un estereoscopio a 4x para confirmar su condición y descartar falsos positivos.
Diseño experimental y análisis estadístico. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones; cada repetición consistió en una jaula que contenía 10 adultos de *D. citri*. Dado que los residuos no presentaron una distribución normal, los datos fueron analizados mediante la prueba de Kruskal-Wallis con comparación de rangos promedio ($p < 0.05$). Las dosis letales (DL_{50} y DL_{95}) se estimaron mediante análisis Probit. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R.

Resultados y discusión
A las 24 horas, se observó una rápida respuesta en la mortalidad de los insectos, alcanzando el 100 % con las concentraciones de 1, 2 y 3 L/ha, mientras que, la dosis más baja registró un promedio de 53 % de mortalidad. A las 48 horas, se detectó un leve incremento en la eficacia de los tratamientos, particularmente en las concentraciones de 0.4 y 0.5 L/ha. Finalmente, a las 72 horas, todas las concentraciones a partir de 0.4 L/ha provocaron mortalidad del 100 % en los adultos de *D. citri*, mientras que la dosis más baja alcanzó un 60 % de mortalidad (Cuadro 1).
Se estimaron las dosis letales (50 y 95) del extracto de neem y canela sobre adultos de *D. citri*, así como sus respectivos límites de confianza (95.0 %). La estimación de la DL_{50} se obtiene 0.13 L/ha, mientras la DL_{95}, a 0.42 L/ha (Cuadro 2).

Conclusiones
Bajo condiciones controladas de laboratorio, el extracto de neem y canela mostró una alta efectividad en la mortalidad de adultos de *Diaphorina citri* colectados en la región de la Costa de Oaxaca. La dosis de 1 L/ha provocó una mortalidad del 100 % a las 24 horas posteriores a la aplicación, mientras que la dosis de 0.4 L/ha alcanzó el mismo efecto a las 72 horas. Estos resultados muestran el potencial del extracto de neem y canela como alternativa para el manejo de *D. citri* en la Costa de Oaxaca; sin embargo, es necesario validar su eficacia en condiciones de campo y evaluar su impacto sobre los enemigos naturales del vector para asegurar su integración en programas de manejo agroecológico.

Cuadro 1. Mortalidad en adultos de *Diaphorina citri* por el extracto de neem y canela a las 24, 48 y 72 h.

Dosis L/ha	Mortalidad (%)		
	24 h	48 h	72 h
3.0	100.0a	100.0a	100.0a
2.0	100.0a	100.0a	100.0a
1.0	100.0a	100.0a	100.0a
0.5	91.66b	95.83b	100.00a
0.4	86.66b	90.00b	100.00a
0.3	90.00b	90.00b	93.33b
0.2	83.33c	83.33c	86.66c
0.1	53.33d	53.33d	60d
0	0.00e	0.00e	0e

Valores con la misma letra no son diferentes en la comparación de rangos promedio (P>0,05)

Cuadro 2. Estimación de la dosis letal del extracto de neem y canela sobre adultos de *Diaphorina citri.*

Dosis	Valor estimado	Límite inferior	Límite superior
DL_{50}	0.13	0.09	0.17
DL_{95}	0.42	0.36	0.52

Referencias bibliográficas

Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: a destructive, newly –emerging, century- old disease of citrus. *Journal of plant pathology*, 88(1), 7 -37.

González Acosta, A., González Castro, A., Mateos Rocha, R. A., González Cárdenas, J. C., & López Meza, M. (2016). Alternativas para el control de *Diaphorina citri* (Kuwayama) con insecticidas botánicos, en *Citrus latifolia tanaca*, Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 4,9-16.

Servicio Información Agropecuaria y Pesquera, SIAP (2023). Anuario Estadístico de la Producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/.

Tatineni, S., Sagaram, U., Gowda, S., Robertson, C., Dawson, W., Iwanami, T. & Wang, N. (2008). In planta distribution of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' as revealed by Polymerase Chain Reaction (PCR) and real-time PCR. The American phytopathology society. *Phytopathology,* 98, 592-599.

EVALUACIÓN DEL TIPO DE BOQUILLA EN EL CONTROL DEL TIZÓN DE LA ESPIGA EN TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.)

Salvador Carranza-González*[1], Héctor Eduardo Villaseñor-Mir[2], René Hortelano-Santa Rosa[2], Yerica Renata Valdez-Rodríguez[1], Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros[1], Pawan K. Singh[3], Xinyao He[3].

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo- Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad; [2]INIFAP- Campo Experimental Valle de México; [3]Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
*Autor para correspondencia: carranza.salvador@colpos.mx

Palabras clave: Boquilla, trigo harinero, *Fusarium*.

Introducción

El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial y uno de los principales alimentos para la humanidad (Gómez *et al*., 2021). El tizón de la espiga causado por *Fusarium* (FHB) es la enfermedad floral más dañina del trigo y es la más frecuente y extendida en las regiones productoras de trigo a nivel mundial (Randhawa *et al*., 2019). Esta enfermedad causa pérdidas significativas en el rendimiento del trigo debido a que los granos afectados son pequeños, de baja masa y mala calidad, además de estar contaminados con micotoxinas perjudiciales para los humanos y la nutrición animal (Summerell, 2019). Uno de los requisitos básicos para una protección fitosanitaria eficaz es el uso de maquinaria y tecnología adecuadas.

El sistema de aplicación, la disposición de la maquinaria y las soluciones técnicas (el sistema, el tipo y el tamaño de las boquillas) empleadas durante la protección fitosanitaria influyen considerablemente en el grado en que los patógenos no son controlados (Nuyttens *et al*., 2009). Aunado a lo anterior, un control químico exitoso requiere tanto una mejor tecnología como mejores fungicidas combinadas con el momento de aplicación óptimo. Con lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficacia de tres tipos de boquillas en el control de *Fusarium* en cinco genotipos de trigo harinero.

Materiales y métodos

Se establecieron en condiciones de temporal cinco genotipos de trigo harinero (Sumai 3, Gamenia, Falcin, Ocoroni F-86 y Heilo) y se evaluó la incidencia de *Fusarium* utilizando un fungicida (Titl®) con tres tipos de boquillas (XRTeeJet, DGTeeJet, FloodJet) y un testigo (sin aplicación de fungicida). Los genotipos se establecieron en el Campo Experimental Valle de México del INIFAP y se registraron las variables: días a floración (DF), días a madurez fisiológica (DM), altura de planta (AP) y rendimiento de grano (REND); así mismo, se registró la incidencia de *Fusarium* en la espiga (FEsp) en una escala del 1 al 9, en donde 1 fue resistente y 9 fue susceptible.

El experimento se realizó bajo un diseño experimental de Bloques al Azar con tres repeticiones en un arreglo de tratamientos de parcelas divididas, donde las parcelas grandes fueron los tratamientos con el tipo de boquilla y las parcelas chicas fueron los genotipos, resultando en 60 unidades experimentales; el manejo agronómico que se realizó se basó en las recomendaciones técnicas del INIFAP para la región de evaluación. Se ejecutó un análisis de varianza general (ANOVA) y se obtuvo una comparación de medias de las variables para identificar diferencias entre boquillas, genotipos y su interacción.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se presenta el análisis de varianza para la evaluación del tipo de boquilla en el control del *Fusarium*, en donde se observa que hubo diferencia altamente significativa entre las Boquillas en las variables días a floración, días a madurez, rendimiento e incidencia de *Fusarium*; para el factor Genotipos se detectó diferencia altamente significativa en todas las variables; mientras que en la interacción Boquilla × Genotipo se detectó diferencia altamente significativa solamente en incidencia de *Fusarium* en la espiga y diferencia significativa en días a madurez. Los coeficientes de variación fueron bajos, lo que permitirá generar Conclusiones adecuadas.

En el Cuadro 2, se presenta la comparación de medias entre los tres tipos de Boquillas evaluadas y el Testigo, en donde se observa que no hubo diferencia en DF y AP entre los cuatro tratamientos, mientras que, para DM con la aplicación de fungicida, independientemente del tipo de Boquilla que se haya utilizado, el ciclo de cultivo se alargó. Para rendimiento de grano e incidencia de *Fusarium* en la espiga se presentó mayor diferencia entre los tipos de Boquilla y el Testigo; para rendimiento con la Boquilla tipo FloodJet, se

logró mayor productividad (4222 kg ha^{-1}), mientras que sin la aplicación de fungicida se redujo el rendimiento significativamente en 31% (1318 kg ha^{-1}); en cuanto a la incidencia de la enfermedad se detectó mayor en el Testigo (sin aplicación de fungicida) y la menor incidencia se registró con la boquilla FloodJet, que presentó mejor respuesta junto con la boquilla tipo DGTeeJet. Estos resultados coinciden con lo reportado por Mesterházy *et al*. (2007) donde el uso de boquillas como FloodJet ofrecieron una reducción del 58 al 60 % de la infección natural de *Fusarium* en la espiga, mientras que una boquilla XRTeeJ*et al*canzó un control de hasta un 62%.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la evaluación del tipo de boquilla en la aplicación del fungicida en Santa Lucía México durante el ciclo P-V/2022.

F. V.	gl	DF	DM	AP	REND	FEsp
Boquillas	3	1.88**	44.72**	28.7ns	4997732**	6.90**
Genotipos	4	267.40**	98.35**	3000.9**	21114560**	60.35**
Bloques	2	0.81ns	0.46ns	7.8ns	133677ns	1.11 *
Boq*Gen	12	0.30ns	1.04 *	9.2ns	191252ns	0.83**
Error	38	0.3	0.44	14.8	204606	0.15
Total	59					
Media		62.1	110.1	102.1	3721	3.3
C. V. (%)		0.99	0.6	3.8	12.1	11.8

F.V. = factores de variación; Boq*Gen = interacción Boquilla*Genotipo; gl = grados de libertad; DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grabo en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de *Fusarium* en la espiga; C.V. = coeficiente de variación.

Cuadro 2. Comparación de medias en la evaluación del tipo de boquilla en la aplicación del fungicida en Santa Lucía, México durante el ciclo P-V/2022.

Boquillas	DF	DM	AP	REND	FEsp
XRTeeJet	62.1ab	110.8a	102.9a	3757b	3.20b
DGTeeJet	61.6b	111.1a	102.1a	4004ab	2.86bc
FloodJet	62.5a	111.1a	100.1a	4222a	2.80c
Testigo	62.1ab	107.5b	103.1a	2904c	4.26a
Tukey (α=0.05)	0.54	0.65	3.7	443	0.38

DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de *Fusarium* en la espiga (escala del 1 al 9).

Finalmente, en el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias entre genotipos en la evaluación de los tipos de Boquillas, observándose que en todas las variables hubo diferencia entre genotipos; sobresaliendo *Sumai-3* por su resistencia, genotipo que presentó ciclo tardío y porte alto, mostrando mayor rendimiento que *Gamenia* y *Ocoroni F-86*. También en esta evaluación, *Heilo* obtuvo mayor rendimiento (5813 kg ha^{-1}) y expresó buen nivel de resistencia, mientras que la línea *Falcin* de manera similar, mostró buen rendimiento, tolerancia al *Fusarium* (3.41) y precocidad.
Los resultados de la evaluación de los tres tipos de Boquillas en combinación con la aplicación del fungicida Tilt® indican que el *Fusarium* reduce sus efectos en el cultivo de trigo con la aplicación de un fungicida preferentemente con el tipo de Boquilla FloodJet, la cual fue más efectiva logrando mayor rendimiento y menor incidencia de la enfermedad.

Conclusiones

La aplicación del fungicida Tilt® con la boquilla FloodJet fue el tratamiento más efectivo para reducir la incidencia de Fusarium, lo que se reflejó en menor incidencia de la enfermedad y mayor rendimiento de grano. El uso de cualquier tipo de boquilla, en comparación con el testigo sin aplicación de fungicida, fue efectivo para reducir la enfermedad y lograr mayor rendimiento. Sobresalió el genotipo *Sumai-3* por su resistencia a *Fusarium*, sin embargo, no mostró buen potencial de rendimiento; por otro lado, el genotipo

Heilo presentó buen nivel de tolerancia al *Fusarium* y con alto potencial de rendimiento. Finalmente, la evaluación de las combinaciones entre el genotipo, el fungicida y el tipo de boquilla concuerda que el *Fusarium* es una enfermedad que afecta el rendimiento de grano del trigo, que requiere del control químico para reducir sus efectos y que existen tratamientos que son más efectivos para su control.

Cuadro 3. Comparación de medias entre genotipos en la evaluación del tipo de boquilla en la aplicación de fungicida en Santa Lucía, México durante el ciclo P-V/2022.

Genotipos	DF	DM	AP	REND	FEsp
Sumai-3	67.4a	114.1a	125.7a	3631b	1.00d
Gamenia	61.5c	109.7c	101.7bc	2147c	4.00b
Falcin	57.2e	108.3d	103.6b	3719b	3.41c
Ocoroni F-86	58.0d	106.7e	81.6d	3298b	6.58a
Heilo	66.5b	111.6b	97.5/0c	5813a	1.41d
Tukey (α=0.05)	0.64	0.78	4.5	528	0.45

DF = días a floración; DM = días a madurez; AP = altura de planta en cm; REND = rendimiento de grano en kg ha^{-1}; FEsp = incidencia de *Fusarium* en la espiga (escala del 1 al 9).

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece al INIFAP y al CIMMYT por el financiamiento de la investigación que permitió la colecta de los datos presentados derivados del proyecto “Entendiendo y manejando el tizón de la espiga por *Fusarium* en México”.

Referencias bibliográficas

Gómez, D., Salvador, P., Sanz, J., Casanova, J. L. (2021). Modelling wheat yield with antecedent information, satellite and climate data using machine learning methods in Mexico. Agricultural and Forest Meteorology, 200, 108317. http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108317

Mesterházy, Á., Szabo-Hever, A., Toth, B., Kaszonyi, G., & Lehoczki-Krsjak, S. (2007). Comparison of fungicides and nozzle types against fhb in wheat at farm application. *In*: 2007 National *Fusarium* Head Blight Forum. Kansas City, USA. (p. 104).

Nuyttens, D., Taylor, W. A., De Schampheleire, M., Verboven, P., & Dekeyser, D. (2009). Influence of nozzle type and size on drift potential by means of different wind tunnel evaluation methods. Biosystems engineering, 103(3), 271-280. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.04.001

Randhawa, M. S., Bhavani, S., Singh, P. K., Huerta-Espino, J., & Singh, R. P. (2019). Disease resistance in wheat: present status and future prospects. Disease Resistance in Crop Plants: Molecular, Genetic and Genomic Perspectives, 61-81. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20728-1_4

Summerell, B.A. (2019). Resolviendo el *Fusarium*: Estado Actual del Género. Annu. Rev. Phytopathol. 57, 323–339.

INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE AISLAMIENTOS SEVEROS DEL *Citrus tristeza VIRUS* (CTV) EN VERACRUZ Y PENÍNSULA DE YUCATÁN

Emiliano Loeza-Kuk[1*], Claudia Tania Lomas-Barrié[1], Patricia Rivas-Valencia[2], Víctor Rogelio Cituk-Rodríguez[1]

[1]INIFAP. C.E. Mocochá, Yucatán. [2]INIFAP. C.E. Valle de México, Estado de México.
*Autor por correspondencia: loeza.emiliano@inifap.gob.mx

Palabras clave: VT, T68, aislamientos asintomáticos.

Introducción

La citricultura mexicana se caracteriza por la amplia variabilidad de condiciones ambientales y edáficas en las que se desarrollan las más de 600,000 hectáreas que la conforman. Esto permite contar con fruta de las distintas especies a lo largo del año y aprovechar ventanas comerciales altamente redituables. La superficie establecida se distribuye en más de 28 estados de la República Mexicana en donde destaca Veracruz con cerca del 50%. En los últimos años la citricultura mexicana ha sido expuesta a factores bióticos que la han sometido a presión de selección y han obligado a cambiar las prácticas de manejo que tradicionalmente han funcionado (Rivas-Valencia *et al*., 2020). En términos comerciales, una planta de cítricos es una entidad dual que aprovecha las características de una especie que fungirá como portainjerto (la porción que entra en contacto con el suelo) y otra especie que será la parte aérea, en este caso la de interés comercial. Después de 20 años de iniciar la reconversión de la citricultura en México, el naranjo agrio se mantiene en como el preferido en la mayoría de los estados productores. Aún en la zona norte de Veracruz, en donde la presencia de razas severas del *Citrus tristeza virus* (CTV) ha obligado a esa reconversión de manera urgente, este cambio avanza a un ritmo lento. Esta aparición y dispersión amplia de aislamientos severos del virus puede provocar escenarios similares en otros; los productores deberán recurrir a los pocos portainjertos existentes en las unidades productoras de plantas que toleren a este virus, pero que además posean la capacidad de tolerar condiciones edáficas restrictivas y a la vez sean eficientes en la búsqueda y aprovechamiento del agua disponible en el suelo.

Por otro lado, si bien existen portainjertos tolerantes a la infección con aislamiento severos del CTV, la infección “crónica” con determinados aislamientos es capaz de provocar daños y reducir el vigor, así como la capacidad de producción en combinaciones con naranja dulce. Ante este panorama, el objetivo de este trabajo fue conocer la incidencia, distribución y frecuencia de los aislamientos del Citrus tristeza virus en los estados citrícolas de Veracruz y la Península de Yucatán.

Materiales y métodos

La detección de los árboles infectados se realizó en las huertas de municipios seleccionados de cada entidad. Durante los meses frescos (octubre a marzo), los técnicos del Comité de Sanidad Vegetal de Campeche, Veracruz y Yucatán realizaron muestreos en focos identificados en bases de datos con detecciones históricas o por sintomatología. También se incluyeron otras áreas citrícolas no estudiadas previamente y se priorizaron por condiciones biótica y abiótica de la región, así como por distancia de los puntos de detección previos. En cada punto se muestrearon nueve árboles, el área muestreada se amplió si en los radiales externos se detectaron árboles infectados. El diagnóstico *in situ* consistió en una muestra compuesta de ocho hojas por árbol tomadas en los cuatro puntos cardinales. Una porción de 1cm de la nervadura central de cada hoja fue macerada dentro de la bolsa SEB1 del kit de inmunodetección para CTV (Agdia Inc). La presencia del virus se detectó en las tiras reactivas del kit que teóricamente reacciona todos los aislamientos del virus. Las muestras de los árboles positivos fueron brotes maduros de 10 cm de cada punto cardinal con hojas no avejentadas ni dañadas. Cada muestra se etiquetó, registraron las coordenadas geográficas y ubicación en el esquema de muestreo diseñado, se mantuvieron en condiciones frescas y trasladaron al laboratorio de Sanidad Vegetal y biotecnología del C. E. Mocochá del INIFAP en Yucatán. El análisis incluyó: lavado y escaneo de hojas, extracción de RNA en 100mg la nervadura central con Trizol (Ruiz-Ruiz *et al.,* 2007; Loeza-Kuk *et al.,* 2021). El RNA_{total} se cuantificó con un espectrofotómetro (Nanodrop), muestras con un valor de absorbancia 1.7 a 2 en la relación 260/280 se diluyeron a 50ng/uL y se conservó a -20°C hasta su análisis. La discriminación de los aislamientos inició con la detección del gen p25 mediante RTqPCR de un solo paso con sondas hidrolíticas. Las muestras positivas a p25 fueron analizadas por RTqPCR para la detección de los aislamientos T30 (no severo) y VT, T36 y T68 (aislamientos

severos en la combinación naranja dulce/ naranja agria) (Harper *et al.,* 2014; Ananthakrishnan *et al.,* 2010). Mientras que para la detección de los aislamientos T3 y RB fue por PCR en punto final y electroforesis en agarosa (Hilf *et al.,* 2005; Roy *et al.,* 2013).

Resultados y discusión

Para conocer la condición del CTV en los estados contemplados durante 2023 y 2024 se trabajó en coordinación con el CESAVECAM, CESVER y CESVY para ubicar los focos iniciales y huertas potencialmente infectadas. De esta manera, en Campeche se revisaron con las tiras reactivas cerca de 1300 árboles principalmente de limón persa (1084), ubicados en nueve municipios con una incidencia en la población muestreada del 8.05%. Para Yucatán, se revisaron 407 árboles, ubicados en 14 municipios con una incidencia en la población muestreada del 7.4%. Mientras que para Veracruz se revisaron 800 árboles, ubicados en siete municipios con una incidencia en la población muestreada del 37% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Aislamientos del CTV detectados por RTqPCR y RT-PCR en muestras procedentes de municipios citrícolas de Campeche, Yucatán y Veracruz (Ene-2023 a Mar-2024).

Municipio	P25	VT	T30	T36	T68	T3	RB
			Campeche				
Calakmul	6	5	6	0	0	5	0
Calkiní	5	4	0	0	4	0	4
Campeche	27	19	24	0	2	13	0
Champotón	19	2	19	0	0	6	0
Hecelchakán	4	4	0	0	4	0	0
Seybaplaya	4	0	4	0	0	1	0
Tenabo	19	18	9	0	9	7	3
Subtotales	**84**	**52**	**62**	**0**	**19**	**32**	**7**
			Yucatán				
Dzan	17	3	15	0	0	5	0
Kinchil	4	0	4	0	0	1	0
Oxkutzcab	1	0	1	0	0	0	0
Samahil	18	0	16	0	0	3	0
Santa Elena	8	0	8	0	0	0	0
Tekax	8	1	8	0	0	3	0
Ticul	20	1	14	0	0	4	0
Subtotales	**76**	**5**	**66**	**0**	**0**	**16**	**0**
			Veracruz				
Coatzintla	9	1	2	0	0	1	-
Gutiérrez Zamora	6	1	3	0	0	2	-
Martínez de la Torre	34	18	27	0	13	5	-
Papantla	22	5	10	0	0	3	-
Álamo de Temapache	124	23	44	0	1	25	-
Tihuatlán	21	2	6	0	4	6	-
Tlapacoyan	7	4	6	0	0	3	-
Subtotales	**223**	**54**	**98**	**0**	**18**	**45**	**-**

A nivel estatal hay diferencia en la incidencia y frecuencia de los aislamientos. En Campeche con una citricultura menor en términos de superficie, se encontraron los aislamientos VT, T68 y T3 en números altos. En Yucatán, el aislamiento severo más frecuente fue T3 con 21%. Mientras que Veracruz con un deterioro paulatino asociado a CTV en la superficie de naranja dulce (Rivas-Valencia *et al.,* 2020; Maya-Contreras *et al.,* 2022) los aislamientos severos más frecuentes fueron VT, T3 y T68 con 24, 20 y 8% respectivamente. El aislamiento T30 fue el más frecuente en las muestras analizadas; T30 es un aislamiento cuya infección permanece criptica y asintomática aún en combinaciones susceptibles. Su prevalencia también sugiere que es más exitoso en su establecimiento durante la transmisión por injerto o áfidos.

La mayor incidencia aparente detectada en Veracruz se debe a la presencia de síntomas asociados a la infección con el virus en la combinación naranja dulce/naranjo agrio, entre los que destacan: amarillamiento de hojas, reducción de vigor y estrés hídrico. Mientras que debido a infecciones asintomáticas hasta ahora en Campeche el muestreo fue dirigido principalmente en puntos de detección antiguas. La ausencia de síntomas se puede atribuir a varios factores entre los que se incluyen: los árboles infectados son lima persa/naranjo agrio que es una combinación menos susceptible al daño por CTV. Por otro lado, aún cuando los aislamientos detectados son del tipo severo que pueden provocar picado de tallo (VT, T68, T3), es probable que sean haplotipos o variantes genómicas cuyo fenotipo no provocan síntomas. El efecto ambiental en la asintomatología se descarta, pues en un ensayo en curso, el aislamiento VT-Veracruz induce síntomas severos en naranjo agrio mientras que VT-Campeche no lo induce (Figura 1). Es probable

que el daño de los aislamientos de CTV en Veracruz tendrá un efecto sinérgico con la infección de *C.* Liberibacter asiaticus pues ambos patógenos reducen la densidad de las raíces absorbentes.

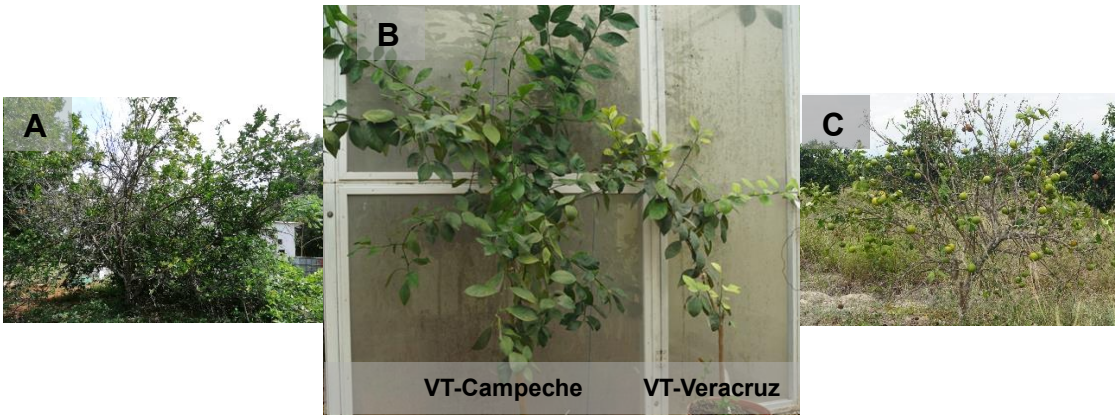


Figura 1: Síntomas inducidos por los aislamientos VT y T68 de Campeche y Veracruz en condiciones confinadas de invernadero en Yucatán. A) Árbol donador de aislamiento de Campeche. B) Plantas con 34 meses de inoculación por injerto. C) Árbol donador de aislamientos de Veracruz.

Conclusiones

En las entidades estudiadas existen árboles infectados con aislamientos de CTV potencialmente dañinos para plantaciones establecidas sobre naranjo agrio. La citricultura de Veracruz que ya muestra el efecto asociado a la infección por CTV, se enfrenta a aislamientos VT, T3 y T68 sintomáticos. La citricultura de Yucatán es vulnerable por la superficie mayormente de naranja duce/naranjo agrio, susceptible a los aislamientos severos, por ahora T3 no ha mostrado daños evidentes y será necesario un seguimiento a estos focos. La condición y prevalencia de los aislamientos requiere ser actualizada para determinar el de mayor dispersión y cuyo establecimiento pudiera provocar daños incluso en los portainjertos tolerantes.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los autores agradecen el apoyo logístico al personal de la campaña de plagas de los cítricos de los Comités de Sanidad Vegetal de Campeche, Veracruz y Yucatán. Así como por el financiamiento a los proyectos “Prevalencia de aislamientos severos en las zonas citrícolas de Veracruz” y “Prevalencia de aislamientos severos en las zonas citrícolas de Campeche”. A la ENECUSAV-CNRF de la Dirección General de Sanidad Vegetal por compartir el protocolo homologado para la determinación de los aislamientos de CTV.

Referencias bibliográficas

Ananthakrishnan, G., Venkataprasanna, T., Roy, A. and Brlansky, R. H. (2010). Characterization of the mixture of genotypes of a Citrus tristeza virus isolate by reverse transcription-quantitative real-time PCR. Journal of Virological Methods, 164, 75-82. doi.org/10.1016/j.jviromet.2009.12.001.

Contreras-Maya, R., Villegas-Monter, A., Santacruz-Varela, A., Cruz-Huerta, N., Ortega-Arenas, L. and Ochoa-Martínez, D. (2022). Prevalence of Mild T30, T3, and Severe VT Strains of Citrus tristeza Virus in Central-Northern Veracruz, Mexico. American Journal of Plant Sciences, 13, 494-505. doi:10.4236/ajps.2022.134032.

Harper, S.J., Cowel, l, C.J. and Robertson, W.O. Dawson, 2014. Differential tropism in roots and shoots infected by Citrus tristeza virus, Virology, 460–461: 91-99, doi.org/10.1016/j.virol.2014.04.035.

Rivas-Valencia, P., Domínguez-Monge, S., Santillán-Mendoza, R., Loeza-Kuk, E., Pérez-Hernández, O., Rodríguez-Quibrera, C. and Lomas-Barrié, C. (2020) Severe Citrus tristeza virus Isolates from Eastern Mexico Are Related to the T36 Genotype Group. American Journal of Plant Sciences, 11, 1521-1532. doi: 10.4236/ajps.2020.1110110.

Ruiz-Ruiz, S. Moreno, P., Guerri, J. and Ambrós, S. (2007). A real-time RT-PCR assay for detection and absolute quantitation of Citrus tristeza virus in different plant tissues, Journal of Virological Methods, 145, 96-105. doi:10.1016/j.jviromet.2007.05.011.

INSECTICIDAS BIORRACIONALES PARA EL MANEJO DE *Diaphorina citri* EN LIMÓN MEXICANO

Juan Eduardo Murillo-Hernández[1]*, Claudia Guadalupe Ponce-García[2], Miguel Ángel Manzanilla-Ramírez[1], Saúl Pardo-Melgarejo[3]

[1]CE Tecomán- CIRPAC- INIFAP. [2]Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Manzanillo, Colima. [3]CE Valle de Apatzingán- CIRPAC- INIFAP.
*Autor para correspondencia: murillo.juan@inifap.gob.mx

Palabras claves: Psílido asiático de los cítricos, efectividad biológica, lise.

Introducción

En México la producción de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] es de 1,203,732 ton, resultantes de las 99,350 ha de superficie plantada. El cultivo de este cítrico ácido se lleva a cabo en 22 estados, de los cuales, destacan cuatro principales: Michoacán con 60,159 ha, Colima 20,891 ha, Oaxaca 7,173 ha y Guerrero 6,962 ha (SIAP, 2023).

Este cultivo es afectado por diversas enfermedades y plagas. Dentro de las primeras, destaca el Huanglongbing (HLB) o dragón amarillo de los cítricos, que llega a infectar hasta el 100% de los árboles de las huertas. Actualmente, la superficie afectada es de aproximadamente el 26% del total del área citrícola en México. Respecto a las plagas, el psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), es considerada de gran importancia por ser vector del HLB.

El manejo del HLB se centra en la eliminación de plantas enfermas, uso de plantas sanas certificadas y en el control del vector. Esto último, puede incluir tácticas como el control biológico, utilizando artrópodos benéficos como el parasitoide *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), algunos depredadores y varias especies de hongos entomopatógenos; sin embargo, su control aún se sigue basando en el uso de insecticidas (Tiwari *et al.,* 2011). Con el propósito de ampliar las opciones de productos de manejo contra esta plaga, más amigables con el medio ambiente, el objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de insecticidas biorracionales para el manejo del PAC en limón mexicano.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en una huerta de limón mexicano variedad “Lise”, de 3 años de establecida, ubicada en el ejido La Vainilla en el municipio de Tecomán, Colima (coordenadas 18.987038, -103.838486). Los tratamientos que se evaluaron fueron: 1) Testigo (aspersión de agua); 2) Aceite de Neem 5 L/ha; 3) Aceite vegetal 5 L/ha; 4) Sales potásicas (Impide) 5 L/ha; 5) Imidacloprid 0.5L/ha. Los tratamientos se aforaron a un gasto de 400L de agua/ha.

Para evaluar la efectividad de los insecticidas, de los árboles de limón se seleccionaron brotes infestados con ninfas de 3er y 4to ínstar de *D. citri* y se contabilizó el número de individuos por brote. Cada brote representó una unidad experimental, y se tuvieron 10 repeticiones por tratamiento, el ensayo se condujo bajo diseño experimental completamente al azar. Después de contabilizar las ninfas, se realizó la aplicación de los tratamientos utilizando una aspersora de motor (Maruyama MS072H) a una presión de 250 PSI. Luego de ello, a cada brote se le colocó una bolsa de Agribón (30x50 cm) y se ató con un cordón, para evitar la depredación y parasitismo por enemigos naturales. La variable respuesta fue el número de ninfas muertas por brote y se evaluó a las 48 h, posteriores a la aplicación.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), y posteriormente se corrió una prueba de separaciones múltiples de medias usando Tukey (P≤ 0.05), mediante el software estadístico Infostat versión 2020e.

Resultados y discusión

En el análisis de los resultados se observaron diferencias estadísticas ($F_{4,45}$ =3452.88; P<0.0001) en la mortalidad de las ninfas del PAC generada por los tratamientos a las 48h posteriores a la aplicación; no obstante, esta diferencia solo fue de los tratamientos contra el testigo y no entre ellos (Figura 1). Todos los demás tratamientos fueron efectivos para el control del Psílido a excepción del Testigo donde no ocurrió mortalidad. Las Sales Potásicas generaron una mortalidad del 95.0 ± 1.14%, seguidas del Aceite de Neem con 97.0 ± 0.89 y Aceite vegetal 99.0 ± 0.67. El Imidacloprid resultó el tratamiento más eficiente y causó un 100 ± 0.0 % de control.

De los tratamientos evaluados (Figura 1), las Sales Potásicas, el Aceite Vegetal y de Neem son los de menor impacto en el medio ambiente, en comparación con el Imidacloprid y representan alternativas efectivas para controlar al psílido. A pesar de que en este ensayo las evaluaciones fueron sobre las ninfas del Psílido, en el caso específico del Aceite de Neem y Aceite Vegetal, al aplicarlo en la superficie del tejido vegetal, se forma una película pegajosa, y se observó una mortalidad en adultos en las hojas de los árboles de limón, pero se concluye que murieron de inanición al quedar pegados y no por el efecto del tratamiento como en el caso de las ninfas.

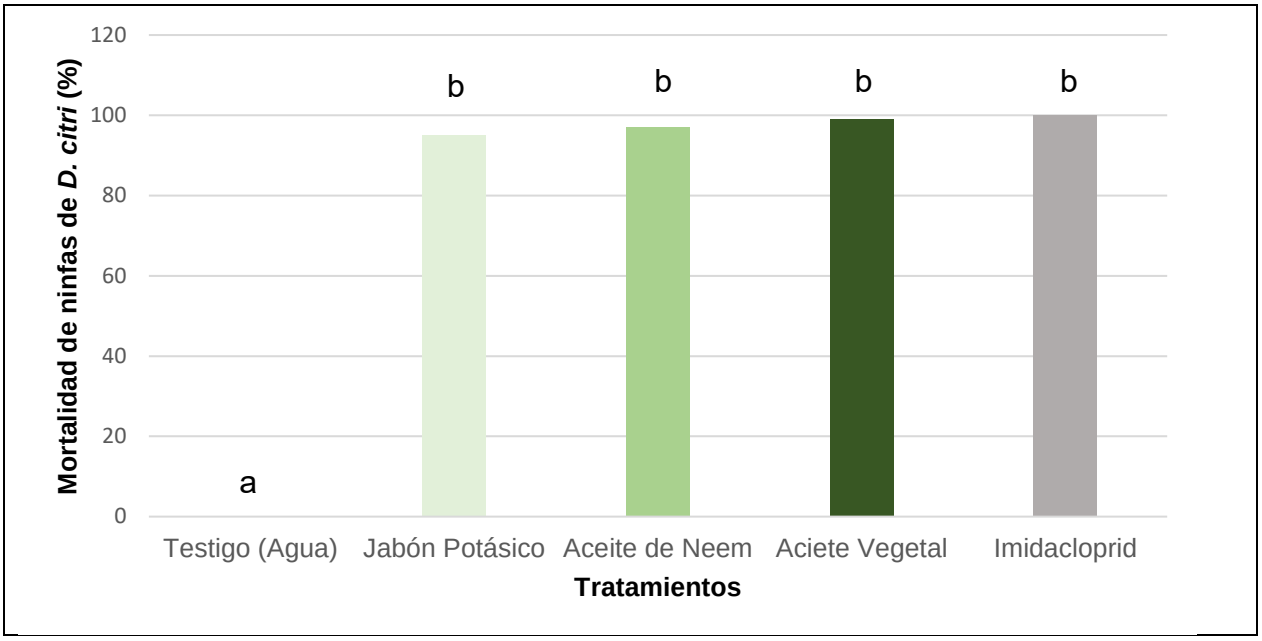


Figura 1. Porcentaje de mortalidad de ninfas de *D. citri* con insecticidas evaluados, a las 48 horas posteriores a la aplicación. Tratamientos con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey P≤ 0.05).

En otros trabajos, se han evaluado los derivados de Neem, aceites minerales y vegetales sobre el Psílido y concluyen que resultan ser buenas alternativas para su control y manejo (Weathersbee y Mc Kenzie, 2005; Amorós *et al*., 2019). En este trabajo también se aporta información sobre la efectividad del Imidacloprid y que todos estos productos evaluados se pueden rotar e incluir en un programa de manejo integrado de plagas, al igual que otros ingredientes activos como la abamectina y spirotetramat que también se ha demostrado que son excelentes opciones (Cáceres, 2002; Amorós *et al*., 2019); no obstante, se recomienda que los insecticidas químicos se deberían de usar como último recurso, para tratar de evitar los efectos que resultan de su abuso como son la contaminación ambiental, desequilibrio ecológico, resistencia de insectos, eliminación de insectos benéficos y posibles intoxicaciones de humanos.

Conclusiones

Todos productos evaluados controlaron significativamente a *D. citri* y representan opciones para su manejo (Sales Potásicas, Aceite de Neem, Aceite Vegetal e Imidacloprid), dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al C. Miguel Jiménez Santana por facilitar su huerta de limón mexicano para realizar este trabajo.

Referencias bibliográficas

Amorós ME, Pereira das Neves V, Galván V, Rodríguez A, Amaral J, Rossini C, y Buenahora J. 2019. Alternativas de bajo impacto para el control de *Diaphorina citri* en la citricultura Uruguaya. Revista INIA - Nº 56: 66-69.

Cáceres S. 2002. El psílido asiático Diaphorina citri, plaga potencial de los citru: situación en Corrientes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en línea: http://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00002391.pdf

SIAP. 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Weathersbee AA and McKenzie CL. 2005. Effect of a neem biopesticide on repellency, mortality, oviposition, and development of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). Florida Entomologist, 88: 401-407.

Tiwari S, Mann RS, Rogers ME, y Stelinski LL. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. Pest Management Science 67: 1258-1268.

ANÁLISIS FILOGENÉTICO DEL *CITRUS TRISTEZA VIRUS* (CTV) MEDIANTE LA REGIÓN ORF1A EN AISLAMIENTOS DE MÉXICO

Liliana E. Saucedo Picazo[1], Emiliano Loeza-Kuk[2*], Claudia Tania Lomas-Barrié[2], Víctor Rogelio Cituk-Rodríguez[2], Patricia Rivas-Valencia[3]

[1]INIFAP. Campo Experimental Edzná, Campeche. C.P. 24520. México; [2]INIFAP. Campo Experimental Mocochá, Yucatán. C.P. 97454. México; [3]INIFAP. Campo Experimental Valle de México, Estado de México. C.P. 52000. México
*Autor para Correspondencia: loeza.emiliano@inifap.gob.mx

Palabras clave: Síntomas, *Citrus,* aislamientos severos.

Introducción

El Virus de la tristeza de los cítricos (CTV) es uno de los patógenos virales más importantes y destructivos de la citricultura. Pertenece al género Closterovirus, familia Closteroviridae y se transmite principalmente por injerto e insectos vectores, siendo *Aphis citricidus* el más eficiente. La enfermedad puede manifestarse con una amplia gama de síntomas, que incluyen clorosis de venas, disminución del vigor, muerte regresiva de ramas, y muerte de plantas injertadas sobre portainjertos susceptibles como naranja agria. En México, estudios previos han identificado la presencia de diversas variantes, como T30, VT y T3, entre otras. La variante T3 ha sido asociada con síntomas severos como crecimiento anómalo de ramas, necrosis de floema y muerte descendente. Sin embargo, su impacto puede variar según la región y las condiciones agroclimáticas. La variante VT es reconocida por su alta virulencia y ha sido relacionada con la muerte rápida de árboles infectados, caracterizado por un amarillamiento generalizado del follaje, colapso del sistema vascular, y especialmente en combinaciones susceptibles.

Particularmente en el estado de Veracruz, donde el cultivo de cítricos representa una de las principales actividades agrícolas, se ha observado la presencia de síntomas severos asociadas con variantes como VT y T3, incluyendo muerte descendente. En contraste, en regiones como Campeche, Puebla, Morelos, entre otras los árboles infectados muestran síntomas más leves, lo cual sugiere diferencias en la prevalencia y en la diversidad de las variantes, así como en los factores ambientales y genéticos que modulan su expresión. Por lo que surge la importancia de realizar estudios moleculares y filogenéticos que permitan identificar la diversidad genética de las variantes presentes en cada región. Con anterioridad, los estudios sobre el Virus de la Tristeza de los Cítricos se centraron en la región del gen de la proteína de la cápside (CP) debido a su alta conservación y facilidad de amplificación, pero recientemente la región ORF1 ha ganado importancia por su mayor variabilidad genética, lo que permite una caracterización más precisa y detallada de las variantes virulentas. Por lo anterior el objetivo fue identificar la diversidad de las variantes VT y T3 a través de la región ORF1a? en diversas regiones productoras de cítricos en México.

Materiales y métodos

En un muestreo dirigido se colectaron hojas de árboles con síntomas de amarillamiento, marchitamiento, muerte de ramas anuales y frutos pequeños. Árboles de Naranja dulce y Limón persa de diferentes edades, ubicados en los estados de Veracruz, Campeche, Morelos, Puebla e Hidalgo. La extracción de ARN siguió el protocolo de Trizol® reagent. La concentración y la pureza de los ácidos nucleicos se verificaron con un espectrofotómetro NanoDrop™ 2000. Se realizó una RT-PCR de dos pasos. La síntesis de ADNc se realizó mediante la transcriptasa inversa M-MLV (PROMEGA) de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

La PCR se realizó en un volumen de reacción total de 25 µL que contenía 15 µl de Mater Mix (PROMEGA), 2 µL de cebador T3 F y R (F-5´GTTATCACGCCTAAAGTTTGGTACCACT3´ /R-5´CATGACATCGAAGATAGCCGAAGC3´) /VT F y R (F-5´TTTGAA AATGGTGATGATTTCGCCGTCA/R-5´GAC ACC GGA ACT GCY TGA ACA GAA T3´), 2 µl de cDNA y 8.5 µl de agua libre de DNasa. Se siguieron las condiciones de PCR propuestas por Roy *et al*., 2010. Los productos de PCR se visualizaron en un gel de agarosa al 1% con bromuro de etidio. Las muestras positivas se enviaron a secuenciar en el IPICYT. Las secuencias se analizaron en el programa BioEdith Mega software DNA BASER y se compararon con las depositadas en el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI).

Para el análisis del clado T3 se emplearon secuencias de referencia con los números de acceso KC525952.1 de Estados Unidos, EU857538.1 de Nueva Zelanda, MH051719.1 y MH614391.1 de Sudáfrica, AY986484.1 de India, DQ363400.1 de Brasil, además de un genoma de VTC reportado en

México con el número de acceso DQ272579.1 que se utilizó como control. Para VT se utilizaron KC517492.1, EU937519.1 y KU361339.1 de Estados Unidos; PQ576740.1 y PQ576741.1 de España; y HQ662660.1 y HQ662658.1 de China. El análisis filogenético se realizó con el método Neighbor-Joining (NJ) y el modelo de sustitución de nucleótidos obtenido fue K2 (parámetros Kimura 2); se realizó un bootstrap de 500 repeticiones con el software MEGA.

Resultados y discusión

El análisis filogenético de las variantes T3 y VT mostró una diferencia genética entre los aislamientos recolectados en distintas regiones citrícolas de México y las secuencias control (Figura 1 y 2). En la variante T3 la mayoría de los aislamientos, provenientes de municipios de Campeche, (Champotón, Ciudad del Carmen)), Yucatán (Dzan, Akil, Tikul, Kinchil), Veracruz (Papantla, Tihuatlán), Hidalgo (San Felipe) y Morelos (Tlayecac, Jojutla), se agruparon en un clado mayoritario, indicando una alta similitud genética entre ellos (Figura 1a). Este grupo mostró una baja divergencia interna, lo que puede sugerirse la predominancia de un linaje común de la variante T3.

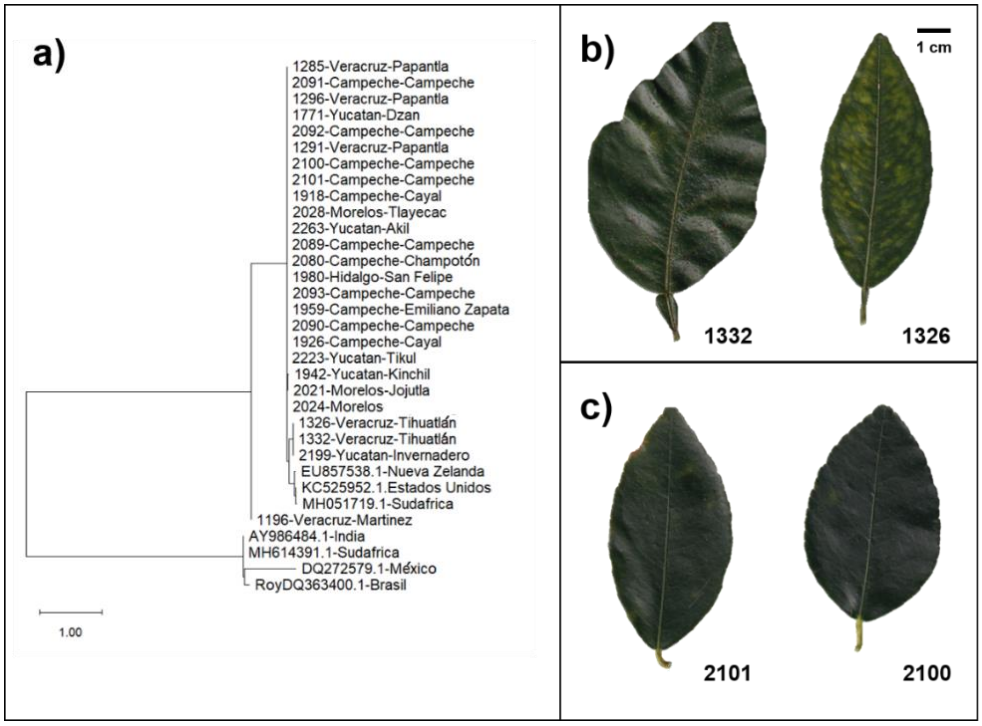


Figura 1. Dendrograma Neighbor-Joining basado en secuencias de ORF1 y sintomatología foliar de la variante T3 en cítricos. a) Dendrograma filogenético; b) hojas con aislados 1332 (Veracruz, izquierda) y 1326 (Veracruz, derecha); c) hojas con aislados 2101 (Campeche, izquierda) y 2100 (Campeche, derecha). Barra de escala = 1 cm.

Otro grupo de secuencias, integrado por aislamientos procedentes de Tihuatlán, Martínez de la Torre (Veracruz) y una muestra histórica de Veracruz (Yucatán-Invernadero), se agrupó con cepas de referencia originarias de Estados Unidos (KC525952.1), Nueva Zelanda (EU857538.1) y Sudáfrica (MH051719.1). Esto indica la presencia de linajes estrechamente relacionados con variantes extranjeras, probablemente introducidas o dispersadas por vectores en la región de Veracruz. Por otro lado, se identificó un clado filogenéticamente más distante, conformado por secuencias de referencia de India, Sudáfrica, México (DQ272579.1) y Brasil, lo que sugiere la coexistencia de múltiples linajes del VTC en el país. Esta diversidad genética podría reflejar distintos orígenes evolutivos o Introducciónes independientes del virus en las regiones citrícolas mexicanas. El análisis filogenético de la variante VT identificó tres clados principales basados en secuencias del gen ORF1 (Figura 2). El primer clado agrupó aislados de Estados Unidos (KC517492.1, EU937519.1) y España (PQ576740.1, PQ576741.1), mostrando una estrecha relación genética con la variante VT clásica. El segundo clado incluyó la mayoría de los aislados mexicanos. Dentro de este, se observó una subagrupación con aislados de Campeche (2101, 2093, 2091, 2080, 2100, 2090,

2092, 2089) y uno de Morelos (2024-Morelos). También se incluyeron aislados de Veracruz (792, 797, 1159, 1170) y Yucatán (2199). La diversidad interna y la proximidad a la variante VT de referencia sugieren que estos aislados corresponden a la variante VT o linajes estrechamente relacionados. La presencia de múltiples aislados de Veracruz, donde se reporta alta severidad, es relevante. La diversidad en este clado podría indicar recombinación o coexistencia de sublinajes de VT que contribuyen a la patogenicidad regional.

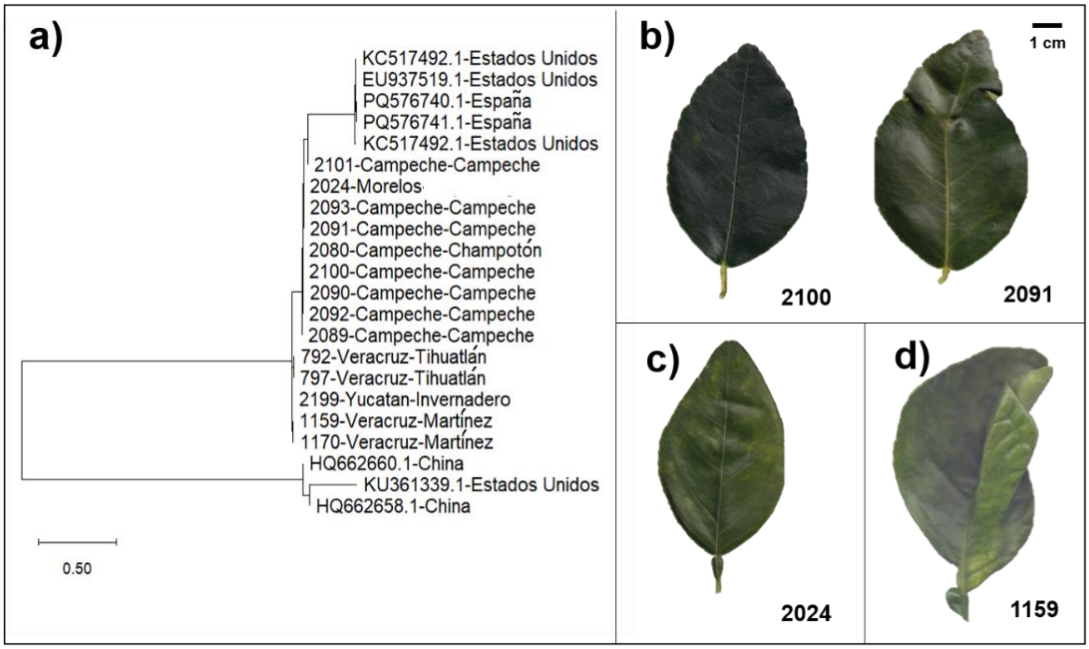


Figura 2. Dendrograma Neighbor-Joining basado en secuencias de ORF1 y sintomatología foliar de la variante VT en cítricos. (a) Dendrograma filogenético; (b) hojas infectadas con aislados 2100 y 2091 (Campeche); (c) hojas con aislados 2024 (Morelos, izquierda) y 1159 (Veracruz, derecha). Barra de escala = 1 cm.

El tercer clado, más divergente, incluyó aislados de China (HQ662660.1, HQ662658.1) y un aislado de Estados Unidos (KU361339.1). La gran distancia filogenética indica que estas cepas son genéticamente distintas y probablemente representan otros patotipos o linajes independientes, no relacionados con la variante VT clásica. La evaluación de la sintomatología foliar reveló una expresión variable de la enfermedad al estar relacionado con especies distintas. Mientras que algunos aislados mostraron clorosis leve o un aspecto relativamente sano, otros, particularmente los de Veracruz, presentaron síntomas severos como clorosis intensa y deformaciones foliares pronunciadas, consistentes con el "stem pitting".

Conclusiones

El estudio confirmó la diversidad genética del VTC en México, agrupando aislados en clados específicos especialmente para la variante VT. Se identificó un linaje común predominante para la variante T3 en varias regiones mexicanas. Para la variante VT, se observó su relación con cepas de otros países como India, Sudáfrica, etc. y la alta prevalencia de linajes asociados en México. Crucialmente, los aislados de Veracruz mostraron la mayor severidad sintomatológica, vinculada a los linajes de la variante VT. La región ORF1 podría ayudar a comprender la diversidad de la diversidad de la variante VT.

Referencias bibliográficas

Roy, A., Ananthakrishnan, G., Hartung, J. S., & Brlansky, R. (2010). Development and application of a multiplex reverse-transcription polymerase chain reaction assay for screening a global collection of Citrus tristeza virus isolates. *Phytopathology*, *100*(10), 1077-1088.

NIVEL DE RIESGO DEL *CITRUS TRISTEZA VIRUS* (CTV) EN CAMPECHE Y YUCATÁN

Claudia Tania Lomas-Barrié[1], Emiliano Loeza-Kuk[1*] y Patricia Rivas-Valencia[2]

[1]INIFAP C.E. Mocochá. [2]INIFAP CEVAMEX.
*Autor por correspondencia: loeza.emiliano@inifap.gob.mx

Palabras clave: Evaluación multicriterio, distancia inversa ponderada, cartografía.

Introducción

En México el CTV se encuentra disperso en casi todas las regiones citrícolas, su presencia se registró desde 1984 en Tamaulipas, uno de sus principales vectores *Aphis citricidus* se colectó por primera vez en el 2000, y en el 2017 en Veracruz se detectaron árboles con razas severas y sintomatología característica (Rivas-Valencia *et al*., 2020). En el 2020 en Campeche se detectó el primer árbol con el aislamiento VT, sin mostrar síntomas clásicos (Loeza-Kuk y Lomas-Barrié 2021). En el 2024 se detectó en Campeche y Yucatán árboles con razas severas T68 y T3 con esta aparición de aislamientos severos se requiere redefinir el nivel de riesgo para la citricultura actual, en la Península de Yucatán y en Veracruz el uso generalizado del portainjerto naranjo agrio no tolerante al virus, así como la presencia de poblaciones de cinco de los ocho vectores capaces de transmitir el virus (Halbert y Brown, 2017; Gosh *et al* 2015 y Patiño-Arellano 2012) cambian el panorama de convivencia que hasta el 2020 se tenía de convivencia con el aislamiento no severo 30.

La evaluación multicriterio (EMC) puede ser utilizada para definir niveles de riesgo (Barredo, 1996), con datos georreferenciados y el uso del algoritmo de interpolación espacial de la distancia inversa ponderada (IDW) de QGIS 3.26.3 se genera cartografía que auxilie en la toma de decisiones para enfocar esfuerzos de muestreo de los organismos auxiliares de SENASICA.

Un escenario de amplia distribución y prevalencia de aislamiento severos de este virus aumentaría la presión sobre el sistema de producción, que ha soportado moderadamente bien la infección de CTV con T30 y con el establecimiento del huanglongbing de los cítricos.

El objetivo de este trabajo es determinar el nivel de riesgo del Citrus tristeza virus en los estados de Campeche, Veracruz y Yucatán a partir del uso de evaluación multicriterio y la distancia inversa ponderada, plasmada cartográficamente.

Materiales y métodos

Se construyo una base de datos con información de campo y laboratorio recabada por los organismos auxiliares. Las variables analizadas e incluidas, para cada árbol muestreado fueron entidad, municipio, localidad, ubicación geográfica (coordenadas X, Y en WGS84), incidencia focal (número de árboles positivos a CTV / número de árboles muestreados), combinación de cítrico injerto/portainjerto, la presencia y concentración de CTV (*sensu latu*), así como la presencia y concentración de cada aislamiento detectado. La base de dato cuenta con 1316 entradas para Campeche, 816 de Veracruz y 676 de Yucatán. Cada variable fue incluida en un análisis EMC lineal, en donde se le asignaron valores para determinar el peso, siendo el valor más alto para la variable de mayor importancia (tipo de aislamiento). Los árboles fueron cartografiados en una shape de puntos en el SIG QGIS 3.26.3. se realizaron las correcciones de localización de los puntos de acuerdo con cartografía base como límites municipales, AGEB del INEGI, unidades citrícolas obtenidas de la base de datos de SIAFEPOL de la DGSV-SENASICA y las unidades citrícolas digitalizadas sobre la identificación directa en la imagen de satélite proporcionada por el sitio web de Google satellite (www.google.cn/maps/).

Con los árboles muestreados, geolocalizados y con su valor de riesgo, se hizo la interpolación espacial con el método IDW se consideró como valor *z* el riesgo predefinido de 0 a 100% con la EMC, la cual es sensible a la agrupación de los sitios, a la distancia y a los valores atípicos, se calculó para un coeficiente de p=1 y un tamaño de pixel de 100m. La capa de extensión se definió con el cálculo del casco convexo del vecino más cercano, de los sitios de muestreo. El límite del modelo fue el polígono generado con un área buffer de 10km del sitio más lejano basada en la distancia de dispersión máxima intraparcelaria de un pulgón. El mapa resultado se editó a una paleta de pseudocolor de nueve clases de intervalo para los tres estados.

Resultados y discusión

Debido a que el modelo IDW es dependiente de la distancia y al número de sitios muestreados, los municipios con mayor número de muestras y de positivos tendrán un valor de riesgo mayor. Se observa que la distribución de los sitios de muestreo abarcó varias AMEFIS pero no el total de ellas, en el caso de Yucatán se incluye el muestreo en traspatios y en algunos casos en municipios fuera de AMEFI al no ser áreas comerciales. En el caso de Veracruz y Campeche solo se muestran registros del 2022-2023 y 2024 respectivamente, debido que en la base de datos no se incluía datos de los valores de concentración de CTV y el tipo de aislamiento severo utilizados en la EMC.

Campeche. En las comunidades ejidales al norte que en el sur de la entidad y el muestreo de CTV mantiene esta distribución. Por lo que el modelo de IDW tuvo que ser ajustado a dos áreas, una en el sur para las parcelas de Calakmul y otra para el resto de los sitios de muestreo (Figura 1a).
El nivel de riesgo alto respecto a otros sitios está concentrado en huertas de las localidades de Tenabo, Champotón, San Antonio Sahcabchen, Dzibalché, Chemblas, Santo Domingo Kesté, Seybaplaya y Quiche de las Pailas; sin embargo, estas huertas no tienen continuidad espacial con parcelas de cítricos vecinas, esto puede influir en una menor dispersión del virus por pulgones. Por otro lado, las localidades de Pomuch, Emiliano Zapata, Tikinmul y Cayal también muestran riesgo alto con aislamientos severos y alta incidencia.

Veracruz. No se incluyen los focos originales (2017 a 2022) de Cazones, Tihuatlan y Martínez de la Torre, sin embargo, se mantienen como focos de riesgo (Figura 1b). No todos los sitios de muestreo pertenecen a alguna AMEFI a pesar de ser unidades citrícolas comerciales como las de los municipios de Coatzintla y Gutiérrez Zamora. Con este muestreo se reconoce que hay zonas citrícolas comerciales sin muestreo como Ixhuatlán de Madero y Chicontepec, por lo que aún podrían tenerse áreas sin detectar con CTV. La continuidad espacial con las unidades citrícolas con Acateno Puebla ubicadas a 6.5km de los sitios positivos a CTV de Martínez y de Tlapacoyan representan zonas de atención y búsqueda de positivos a CTV, así como las de Huautla y Huejutla de Reyes del estado de Hidalgo ubicadas a 31km de los focos en Álamo Temapache, en este municipio se distinguen dos focos con riesgo mayor y con continuidad espacial de unidades citrícolas en la combinación naranja dulce/agrio. Otros dos focos son el de la localidad El Cedro en Papantla en la combinación naranja dulce/agrio y el de Arroyo de Potrero en Martínez de la Torre donde algunos árboles muestreados son de limón persa.

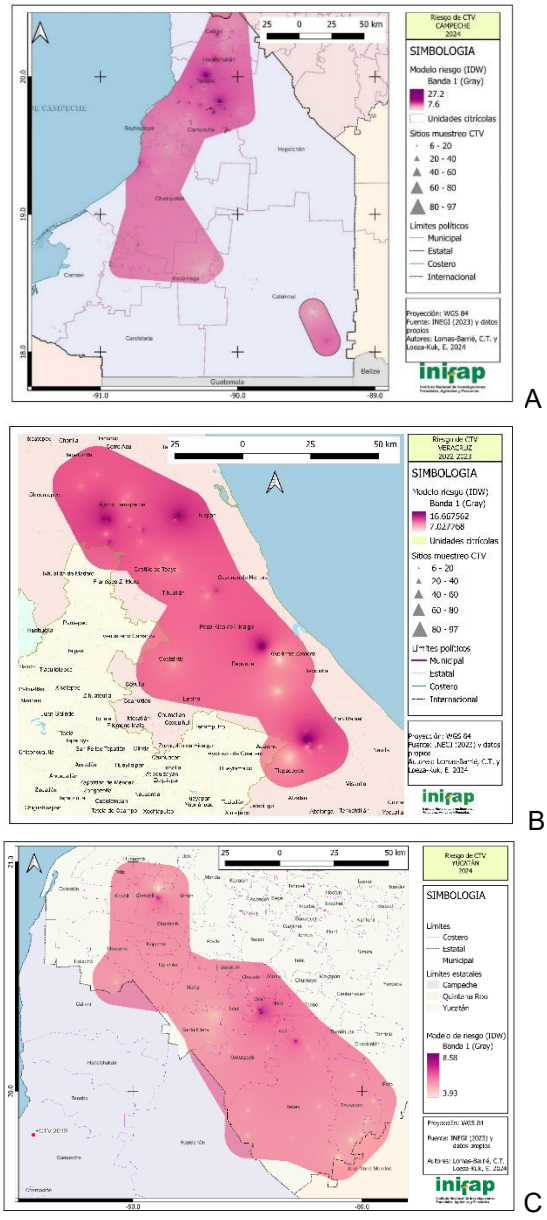


Figura 1. Mapas de riesgo para CTV, modelo IDW A) Campeche B) Veracruz y C) Yucatán.

Yucatán. En cuanto al muestreo de núcleos urbanos, la mayor densidad de árboles fueron las localidades de Samahil y Santa Elena (41 y 114 árboles respectivamente); en Santa Elena se detectaron dos focos, el primero con 7 árboles al sur de la localidad en la vía a Hopelchén, Campeche y otro árbol

al noreste en la vía a Ticul. En Samahil todos fueron negativos y otras localidades con muestreos en traspatios de 1 o 2 árboles negativos fueron: El corral, El escondido, Xcobiakal, Ticum y Tzucacab en Tzucacab; Uitzina en Peto, Huntocha, Anexo Nohahal, Santa Cruz, San Diego, Beconden, José López Portillo, Becanchen, Catmis, Salvador Alvarado y Alfonso Caso en Tekax; en Opichén, en Maxcanú y en Halachó.

La distribución de los sitios de muestreo abarcó el AMEFI 1 y 2, en algunas huertas se muestrearon hasta 25 árboles. En general la citricultura en Campeche es dispersa y se reconocen unidades más compactas

En el mapa del modelo de riesgo (Figura 1c) se reconocen tres focos en AMEFIS, el primero en la zona citrícola con continuidad espacial entre las cabeceras municipales de Dzan, Ticul y Oxkutzcab donde de 216 árboles todos son árboles con el portainjerto naranja agria. El segundo foco se encuentra en una unidad citrícola de Samahil, donde 17 de 27 árboles muestreados se identifican aislamientos severos (T30 y T3). El último foco se ubica en la zona urbana de Tekax, con un árbol infectado con la variante severa VT desde 2019; en este muestreo se encontraron cinco positivos con T30 y uno con la mezcla de VT y T30, cabe mencionar que se encuentra cercano a unidades citrícolas del mismo municipio y de Akil. De las unidades citrícolas ubicadas el oeste de Oxkutzcab se muestrearon 24 árboles y no se identificó algún foco de importancia, sin embargo, el área incluye una extensa zona comercial de cítricos. Otros municipios que no se muestrearon y/o proporcionalmente son pocos árboles muestreados y que tienen importancia citrícola comercial son Sacalum, Mani, Akil, Muna, Tekax y Tzucacab.

Conclusiones

Este estudio permitió identificar las zonas con mayor riesgo asociado a la presencia y dispersión del *Citrus tristeza virus* (CTV). Se identificaron dos localidades con nivel de riesgo alto en Campeche con continuidad espacial y otras tres sin continuidad espacial. En Veracruz, los focos históricos mantuvieron un riesgo elevado, y se recomienda ampliar los muestreos a municipios de Puebla e Hidalgo, debido a su posible conexión epidemiológica. En Yucatán, se detectaron tres áreas críticas, destacando Dzan y Ticul por su continuidad citrícola, por lo que se sugiere intensificar el muestreo en los municipios de Maní y Oxkutzcab. El uso de la evaluación multicriterio junto con el método de interpolación IDW demostró ser una herramienta eficaz para visualizar la distribución espacial del riesgo asociado al CTV, respaldando la toma de decisiones en materia de muestreo y manejo fitosanitario. Esta metodología no solo permite optimizar los esfuerzos de muestreo para determinar el estatus del virus, sino también para diseñar estrategias específicas para el control de focos y el seguimiento de su dispersión. Los resultados obtenidos refuerzan la importancia de usar enfoques geoespaciales en la gestión de la sanidad vegetal.

Agradecimientos y fuente de financiamiento

A los Comités Estatales de Sanidad vegetal de Campeche, Veracruz y Yucatán. Fuentes financiadoras de los proyectos de investigación 1355336605, 13105236606 y 1754636127 Prevalencia de razas severas del CTV en las áreas citrícolas de Campeche, Veracruz y Yucatán.

Referencias bibliográficas

Ghosh, A., *et al*. 2015. Identification and distribution of aphid vectors spreading Citrus tristeza virus in Darjeeling hills and Dooars of India. Journal of Asia-Pacific Entomology 18: 601–605.

Patiño-Arellano S.A., 2012. Complejo de áfidos y riesgo de dispersión del Virus de la tristeza de los cítricos en la Península de Yucatán. Tesis de maestría Colegio Posgraduados.

Rivas-Valencia P., Domínguez-Monge S., Santillán-Mendoza, R., Loeza-Kuk E., Pérez-Hernández O., Rodríguez-Quibrera CG., Lomas-Barrié, C. 2020. Severe Citrus Tristeza Virus Isolates from eastern Mexico are related to the T36 genotype group. American Journal of Plant Sciences, 11, 1521-1532.

Susan E. Halbert and Lawrence G. Brown, 2017. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. DPI Entomology Circular 374

INFESTACIÓN NATURAL DE *Spodoptera frugiperda* DURANTE EL DESARROLLO FENOLÓGICO DE GENOTIPOS DE SORGOS FORRAJEROS Y MIJO PERLA (*Cenchrus americanus*)

Guillermo Guzmán-Ochoa[1], Moisés Felipe-Victoriano[2], Jonathan R. Garay-Martínez[2], Juan Eduardo Godina Rodríguez[3], Benigno Estrada-Drouaillet[1], Jairo Jeu Quintanilla-Medina[1], Santiago Joaquín-Cancino[1]

[1]Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Campus, C.P. 87149. Cd Victoria, Tamaulipas, México. [2]INIFAP, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55, C.P. 89610. Altamira, Tamaulipas, México. [3]Campo Experimental Uruapan-CIRPAC-INIFAP.
*Autor para correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

Palabras clave: Control biológico, plagas polífagas, manejo integrado de plagas.

Introducción

El sorgo (*Sorgum bicolor*) es el cultivo con mayor adaptación a diversas condiciones agroclimáticas especialmente a climas cálidos, semiáridos y tiene la capacidad de tolerar sequias durante tiempos prolongados, por lo tanto, es un cultivo con características ideales para afrontar eventos adversos por efectos del cambio climático. Sin embargo, el rendimiento de este cultivo es afectado por el impacto de diversos factores, como los insectos plaga (Harrison *et al*., 2019). El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), es considerada entre las plagas polífagas más importantes económicamente a nivel global, se encuentra distribuida en todo el continente americano y en el 2016 se introdujo al continente africano. Cuando esta plaga se encuentra en estado larvario se alimenta de hojas y brotes tiernos de diferentes cultivos como el maíz, sorgo, algodón, arroz, etc., ocasionando perdidas severas en el rendimiento de los cultivos donde se han reportado pérdidas desde 45 hasta 75 % en cultivos de maíz y sorgo (Murúa *et al*., 2006). Este problema provoca que los productores opten por el uso irracional de insecticidas químicos considerando el aumento de las dosis recomendadas y mayor número de aplicaciones por cada ciclo del cultivo lo que trae como consecuencia el desarrollo de resistencia de la plaga y efectos negativos en los seres humanos y el medio ambiente (Lira *et al*., 2020). Otras técnicas de control que se han utilizado para el control de *S. frugiperda*, es la generación de plantas transgénicas con el uso de la bacteria *Bacillus thuringiensis,* sin embargo, ha demostrado una fuerte capacidad para desarrollar tolerancia a dicha bacteria (Machado *et al*., 2020). La resistencia de las plantas hospedantes es una estrategia importante en el manejo integrado de plagas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el daño foliar del gusano cogollero en genotipos de sorgo y seleccionar genotipos tolerantes como parte de las diferentes estrategias de control compatibles con los métodos biológicos con la finalidad de disminuir el impacto ambiental derivado del uso de insecticidas químicos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó de febrero a abril del 2024 en el Sitio Experimental Aldama perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en las coordenadas geográficas 22° 51’ 47.38’’ N y 98° 14’ 14.20’’ O, a 98 msnm (INEGI, 2015). El clima es clasificado como semicálido subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 657 mm y temperatura media anual de 23.4 °C (SMN, 2022). Se evaluaron siete genotipos de sorgo procedentes del INIFAP (Arcos, Williams, Paloma, Fortuna, 195-2, 197-1, 197-1-1,) y cinco procedentes de la empresa Anzú Genética Seeds (Procónsul, Verde Pacas, Gladiador, Gobernador, Caramelo) y mijo perla (*Cenchrus americanus*). Cada parcela experimental estuvo conformada por cuatro surcos de 10 m, a una distancia de 80 cm entre surcos y una densidad aproximada de 287,500 plantas ha^{-1}. La preparación del suelo fue mecanizada (un barbecho, dos pases de rastra cruzada y surcado), para el sistema de riego se utilizó cintilla 5/8” de la marca Aqua Traxx Toro®, con un distanciamiento de 20 cm entre emisores, se aplicaron riegos cada quince días. La fertilización se realizó a los 28 días después de la siembra (DDS) con una dosis de 90-40-00 kg ha^{-1} de NPK. Se realizó control de plagas cuando alcanzaron su umbral económico. Para el control de *Spodoptera frugiperda* se aplicó Spinetoram (200 mL ha^{-1}) y, 12 días después, Clorantraniliprol (100 mL ha^{-1}), mientras que, para el control de pulga saltona (*Chaetocnema pulicaria*) se aplicó Imidacloprid (350 mL ha^{-1}) durante las primeras etapas vegetativas (V3-V5).

Para evaluar el daño causado por gusano cogollero, se realizaron muestreos cada 15 días a partir de los 28 días después de la siembra (DDS), debido a que en esta fecha se empezó a manifestar la plaga. El muestreo se realizó de manera similar para todos los genotipos, se tomaron diez plantas de cada parcela experimental y se evaluó la presencia de daño mediante la escala propuesta por Davis y Williams (1992). El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completos al azar con trece tratamientos y tres repeticiones; a cada una de las variables se les realizó un análisis de varianza, y una comparación de medias con la prueba de Tukey (α=0.05), en el programa estadístico SAS 9.0.

Resultados y discusión

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) manifestó daños en los genotipos de sorgo a partir de los 28 días después de la siembra en todos los genotipos evaluados y en la etapa vegetativa V3-V5, debido a que esta plaga se alimenta de hojas y brotes tiernos de diferentes cultivos, principalmente (Murúa *et al*., 2006). En el análisis de datos, solo mijo perla mostro diferencias con una infestación de 22.2 %, mientras que, el resto de los genotipos presentó infestaciones de 77.7 a 100 % (Cuadro 1). Durante el segundo muestreo, cuando los genotipos se encontraban entre V5 y V6, los genotipos siguieron presentando la misma tendencia, donde Mijo perla destaco con menor infestación (48.9 %). En la etapa V8 e inicio de la etapa reproductiva de formación de grano (RFG), los genotipos evaluados no presentaron diferencias, sin embargo, la infestación disminuyó hasta 50 %, debido principalmente a que, en la etapa reproductiva, las larvas quedan expuestas al ambiente debido al desarrollo de la inflorescencia (Harrison *et al*., 2019). Durante el muestreo realizado en la etapa reproductiva de grano lechoso-masoso, el daño fue similar al daño registrado durante la etapa reproductiva de formación de grano, esto nos explica la susceptibilidad de los genotipos en las primeras etapas vegetativas, en donde se debe tener mayor cuidado en el control de dicha plaga (Lira *et al*., 2020).

Cuadro 1. Infestación de *Spodoptera frugiperda* durante el Desarrollo Fenológico de genotipos de sorgos forrajeros.

Genotipo	Etapa Fenológica						
	V3-V5		V5-V6		V6-V7	V8-RFG	RLM
Procónsul	91.1	a	97.8	a	93.3	47	31
Verde Pacas	73.3	a	86.7	a	100.0	64	38
Gladiador	100.0	a	95.6	a	97.8	33	44
Gobernador	77.7	a	93.3	a	100.0	58	60
Caramelo	77.7	a	95.6	a	100.0	51	31
Arcos	91.1	a	100.0	a	100.0	71	53
Williams	86.6	a	100.0	a	100.0	42	53
Paloma	77.7	a	93.3	a	100.0	53	49
Fortuna	95.5	a	100.0	a	100.0	58	49
195-2	77.7	a	97.8	a	100.0	49	53
197-1-1	80.0	a	97.8	a	100.0	80	29
197-1	86.6	a	100.0	a	100.0	51	53
Mijo Perla	22.2	b	48.9	b	100.0	47	51

Literales diferentes indican diferencias estadísticas entre genotipos (Tukey=0.05), RFG: Etapa reproductiva formación de grano, RLM: Etapa reproductiva grano lechoso-masoso.

De acuerdo con la clasificación de daño realizada por Davis y Williams (1992), durante las primeras etapas vegetativas (V3-V6), los genotipos presentaron daños circulares con epidermis en hojas de 1 a 1.5 mm en una y dos hojas, sin embargo, durante el desarrollo del cultivo los daños se fueron intensificando. Durante la etapa reproductiva de formación de grano, los genotipos presentaron hojas con agujeros circulares o alargadas mayor a 2.5 cm en más de dos hojas. Mientras que, en la etapa reproductiva de grano lechoso-masoso, los genotipos Verde Pacas, Gladiador, Caramelo, Mijo Perla, Williams, Paloma, 197-1-1 y 195-2, se caracterizaron como moderadamente resistentes, mientras que, los genotipos Procónsul, Gobernador, Arcos, Fortuna y 197-1 presentaron hojas con agujeros circulares o alargadas mayor a 2.5 cm en casi todas las hojas (8-10) clasificándose como susceptibles (Cuadro 2). Sin embargo, es necesario realizar

evaluaciones constantes para conocer el comportamiento actual de la plaga hacia sus hospedantes debido a que se ha reportado una evolución constante de dicha plaga para adaptarse a su entorno (Lira *et al*., 2020; Machado *et al*., 2020).

Cuadro 2: Clasificación de daño de *Spodoptera frugiperda* durante el Desarrollo Fenológico de genotipos de sorgo forrajero mediante la clasificación de Davis y Williams 1992.

Genotipo	Clasificación de daño				
	V3-V5	V5-V6	V6-V7	V8-RFG	RLM
Procónsul	3	2	2	5	6
Verde Pacas	2	2	3	4	4
Gladiador	3	2	2	4	4
Gobernador	2	2	3	4	6
Caramelo	2	2	2	4	4
Arcos	2	2	2	5	6
Mijo Perla	1	2	2	4	4
Williams	2	2	3	4	5
Paloma	2	2	2	4	4
Fortuna	3	2	2	5	6
195-1	2	2	3	4	4
197-1-1	2	2	3	5	5
197-1	2	2	4	4	6

RFG: Etapa reproductiva formación de grano, RLM: Etapa reproductiva grano lechoso-masoso.

Conclusiones

Los genotipos Verde Pacas, Gladiador, Caramelo, Mijo Perla, Williams, Paloma, 197-1-1 y 195-2, se caracterizaron como moderadamente resistentes, por consiguiente, podrían servir en una estrategia importante en el manejo integrado de plagas donde se incluya resistencia de las plantas hospedantes con la finalidad de disminuir el impacto ambiental derivado del uso de insecticidas químicos.

Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), debido a que esta investigación se realizó en sus instalaciones en el S.E. Aldama. Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt), por la beca otorgada al primer autor.

Referencias bibliográficas

Murúa, G., Molina-Ochoa J., Coviella C. 2006. Dinámica poblacional del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y sus parasitoides en el noreste de Argentina. Florida Entomologist 89: 175-182. https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i3.480

Lira, E. C., A. Bolzan, A. R. Nascimento, F. S. Amaral, R. H. Kanno, I. S. Kaiser, C. Moto. 2020. Resistance of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera:Noctuidae) to spinetoram: Inheritance and cross-resistance to spinosad. Pest Manag Sci. 76: 2674-2680. https://doi.org/10.1002/ps.5812

Harrison, R. D., C. Trierfelder, F. Baudron, P. Chinwada, C. Midega, U. Schaffner J. van den Berg. 2019. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. Journal of Environmental Management 243: 318-330. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.011

Machado, E. P., J. D. Rodríguez F. M. Fuhr, S. L. Zago, L. H. Marques, A. C. Santos, T. Nowatzki, M. L. Dahmer, C. Omoto, O. Bernardi. 2020. Cross-crop resistance of *Spodoptera frugiperda* selected on Bt maize to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac and Crey1F proteins in Brazil. Scientific reports 10: 10080. https://doi.org/10.1038/s41598-020-67339-1

Davis, F.M., Ng, S.S., Williams, W.P., 1992. Visual rating scales for screening whorl stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi Agric. Forestry Exp. Stn. Tech. Bull., 186.

PROCARIOTES ASOCIADAS CON EL TIZÓN FOLIAR EN *Dieffenbachia seguine*

Erwin Saúl Navarrete-Saldaña[1], Ma. Sugey Molina-Hernández[1], Hilda Victoria Silva-Rojas[1]*

[1]Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad (PREGEP)-Producción de Semillas. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56264, Estado de México
*Autor para correspondencia: hsilva@colpos.mx

Palabras clave: Necrosis, patogenicidad, comunidades bacterias.

Introducción

Dieffenbachia seguine, es una planta ornamental de amplia distribución con atractivo follaje y de gran demanda en el mercado nacional. Sin embargo, su cultivo se ve afectado por diversos agentes causales de enfermedades foliares, en especial las causadas por procariotes fitopatógenas como *Xanthomonas*, *Pseudomonas* y *Pectobacterium* (= *Erwinia*) (Constantin *et al*., 2017; EPPO, 2004; Cetinkaya-Yildiz *et al*., 2004). Los síntomas causados por estos fitopatógenos son manchas húmedas, decoloraciones y necrosis que comprometen el valor estético y comercial de la planta. En regiones tropicales y subtropicales, las condiciones de alta humedad y temperatura favorecen la diseminación y severidad de estos patógenos, lo cual afecta la producción.

Diversos estudios han confirmado la presencia de procariotes responsables de enfermedades foliares en *Dieffenbachia* en países como Estados Unidos, China y Turquía. No obstante, la identificación precisa de los agentes etiológicos es un reto, en parte por la complejidad del microbioma foliar y la posible participación de procariotes oportunistas no tradicionalmente consideradas fitopatógenas.

El objetivo de este estudio fue identificar molecular y filogenéticamente las procariotes asociadas con los síntomas de tizón foliar en *D. seguine*, a partir de muestras recolectadas en el Estado de México, así como evaluar preliminarmente su posible papel patogénico mediante pruebas de patogenicidad en hojas de tabaco**.**

Materiales y métodos

Diseño experimental y muestreo. Se recolectaron hojas de *Dieffenbachia* sp. con síntomas característicos de mancha foliar en Texcoco, Estado de México. Las muestras se procesaron con técnicas estándar en condiciones estériles para aislar las procariotes presentes en los márgenes de las lesiones. El tejido fue desinfestado y sembrado en medio BD King. Las colonias emergentes se purificaron y conservaron en glicerol al 30% a -80 °C.

Identificación molecular. La extracción del DNA se realizó con el método de CTAB al 2%, se amplificó la subunidad pequeña 16S del rDNA con los iniciadores 8F y 1492R y se secuenciaron con los iniciadores internos 518F y 800R. Las secuencias obtenidas se alinearon con el programa MAFFT v7 y se editaron en MEGA 7.0. El modelo evolutivo fue seleccionado con jModelTest 2.1.10 y los análisis filogenéticos se realizaron por inferencia bayesiana con el programa MrBayes. Los árboles resultantes se visualizaron en FigTree v1.4.4.

Pruebas de patogenicidad. Doce cepas de procariotes se evaluaron en plantas de *Nicotiana tabacum* bajo condiciones controladas (25 °C, fotoperiodo 16:8). Se infiltraron suspensiones procarióticas (~10^6 UFC/mL) en hojas jóvenes. Se monitorearon síntomas a las 24 horas post-inoculación. Se utilizó agua estéril como control negativo.

Resultados y discusión

Se aislaron doce cepas de procariotes de hojas sintomáticas. El análisis filogenético del gen 16S rDNA reveló la presencia de cinco géneros procariotas: seis cepas fueron identificadas como *Sphingobium limneticum*, dos como *Arthrobacter* sp., dos morfotipos de *Planococcus* sp., una como *Pseudoarthrobacter* sp. y una como *Pseudoxanthomonas japonensis*.

Los síntomas observados incluyeron manchas húmedas, halos cloróticos y necrosis foliar (Figuras 1M y 1N), lo que sugiere un potencial rol de estas procariotes en la enfermedad. Aunque géneros como *Sphingobium* (Zhang *et al*., 2024) y *Planococcus* no son típicamente patógenos, su aislamiento consistente en tejido enfermo sugiere un comportamiento oportunista o sinérgico en el contexto de una infección conjunta.

La detección de *Pseudoxanthomonas*, filogenéticamente cercana a *Xanthomonas*, refuerza esta hipótesis, ya que comparte genes relacionados con virulencia (Bansal *et al*., 2021). Por otro lado, *Arthrobacter* y *Pseudoarthrobacter* han sido reportados como endófitos del suelo y hojas, pero también podrían actuar como patógenos facultativos en condiciones de estrés.

Estas evidencias soportan la hipótesis de una etiología compleja de la mancha foliar en *Dieffenbachia*, posiblemente mediada por comunidades de procariotes mixtas. Este enfoque contrasta con la visión clásica de un único patógeno causal y tiene implicaciones importantes para el manejo fitosanitario de cultivos ornamentales, donde las medidas de control deben considerar tanto patógenos primarios como procariotes emergentes u oportunistas.

Conclusiones

Se identificaron molecularmente doce cepas de procariotes asociadas con lesiones foliares en *Dieffenbachia* sp., pertenecientes a los géneros *Sphingobium*, *Arthrobacter*, *Planococcus*, *Pseudarthrobacter* y *Pseudoxanthomonas*. La diversidad taxonómica observada sugiere un posible modelo de enfermedad procariótica en la que está involucrada más de un agente causal. La identificación de estos géneros no tradicionales como posibles fitopatógenos destaca la importancia de realizar estudios de patogenicidad detallados y monitoreos continuos en cultivos ornamentales. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento del microbioma foliar y representan una base para el desarrollo de estrategias integrales de manejo.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el Laboratorio de Biotecnología y Patología de Semillas del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Referencias bibliográficas

Bansal, K., Kumar, S., Kaur, A., Singh, A., & Patil, P. B. (2021). Deep phylo-taxono genomics reveals *Xylella* as a variant lineage of plant associated *Xanthomonas* and supports their taxonomic reunification along with *Stenotrophomonas* and *Pseudoxanthomonas*. *Genomics*, *113*(6), 3989–4003. https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2021.09.021

EPPO. (2004). *Xanthomonas axonopodis* pv. *Dieffenbachia.* EPPO Bulletin, *34*(2), 183–186. https://doi:10.1111/j.1365-2338.2004.00717.x

Cetinkaya-Yildiz, R., Mirik, M., Aysan, Y., Kusek, M., & Sahin, F. (2004). An Outbreak of Bacterial Stem Rot of *Dieffenbachia amoena* Caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Plant Disease*, *88*(3), 310. https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.3.310C

Constantin, E. C., Haegeman, A., Van Vaerenbergh, J., Baeyen, S., Van Malderghem, C., Maes, M., & Cottyn, B. (2017). Pathogenicity and virulence gene content of *Xanthomonas* strains infecting Araceae, formerly known as *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae*. *Plant Pathology*, *66*(9), 1539–1554. https://doi:10.1111/ppa.12694

Zhang, C., Liu, S., Guo, Q., Li, D., Li, Z., Ma, Q., Liu, H., Zhao, Q., Liu, H., Ding, Z., Gong, W. & Gao, Y. (2024). *Sphingobium* sp. V4, a bacterium degrading multiple allelochemical phenolic acids. *Annals of Microbiology*, 74, 5. https://doi.org/10.1186/s13213-024-01750-1

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE *Debaryomyces hansenii* PARA EL CONTROL DE HONGOS MICOTOXIGÉNICOS PRESENTES EN GRANOS DE MAÍZ

Estefanía Martínez-Batista[1]*, Surelys Ramos-Bell[1], Edson Rayon-Díaz[1], Dalia Yarely Ramírez-Ávila[1], Melissa del Carmen Anaya-Carrillo[1], Porfirio Gutiérrez-Martínez[1]

[1]Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic, AvenidaTecnológico # 2595, C.P. 63175, Tepic, Nayarit, México.
*Autor para correspondencia: pgutierrez@ittepic.edu.mx

Palabras claves: Maíz, fitopatógenos, microorganismo antagónico.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia agrícola a nivel mundial, y para México representa el alimento básico de millones de mexicanos, por lo que garantizar su seguridad alimentaria y una producción suficiente de alimentos con alta calidad es fundamental. Sin embargo, factores como el cambio climático y un manejo postcosecha inadecuado incrementan los riesgos de ocasionar daños a la calidad del maíz. Entre las principales causas de pérdidas en granos almacenados se encuentra el desarrollo de hongos productores potenciales de micotoxinas, así como la contaminación por sus metabolitos secundarios altamente tóxicos (1). Recientemente el uso de tecnologías innovadoras y sostenibles ha ganado interés, especialmente como alternativa a la aplicación de fungicidas de síntesis.
El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto antagónico de *Debaryomyces hansenii* en el control de hongos micotoxigénicos presentes en granos de maíz durante su almacenamiento, con el fin de desarrollar una estrategia sostenible para la preservación de la calidad e inocuidad del grano.

Materiales y métodos

Se evaluó la eficacia antagónica de *D. hansenii* frente a los fitopatógenos *Aspergillus flavus*, *Fusarium verticillioides* y *Penicillium verrucosum,* previamente aislados de grano de maíz y caracterizados por medio de claves taxonómicas y análisis moleculares. La levadura se aplicó a tres concentraciones (10^4, 10^6 y 10^8) mediante ensayos "*in vitro*" (2). Cada suspensión fue incorporada al medio PDA, cuidando que la temperatura fuera menos a 50 ºC para preservar la viabilidad celular. Posteriormente se vertió en cajas de Petri estériles y se dejo solidificar. Las placas sin adición de la levadura se consideraron como control. Los fitopatógenos se inocularon en el centro de cada placa con 10 uL de una suspensión de esporas ($1x10^7$ esporas/mL). Los parámetros a evaluar fueron inhibición micelial, esporulación, germinación, producción de biomasa e inhibición por compuestos orgánicos volátiles (COV´s). Las mediciones se realizaron en el momento en que la caja control se cubrió por completo con micelio. Se utilizó un diseño experimental unifactorial, siendo las concentraciones de *D. hansenii* el factor de variación en las pruebas "*in vitro*", con 3 repeticiones por tratamiento. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y para la comparación de medias una prueba LSD de Fisher ($p \leq 0.05$). El análisis se realizó con el software Statistica versión 12 (StatSoft Inc. 2013).

Resultados y discusión

Los resultados evidenciaron que *D. hansenii* presenta una actividad inhibitoria dependiente de la dosis, con porcentajes de inhibición del crecimiento micelial alrededor del 50%, además de observar cambios en la morfología y densidad del micelio en los diferentes patógenos como se observa en la Figura 1. La aplicación de microorganismos antagónicos ha demostrado impedir el crecimiento, esporulación y germinación de esporas debido a los diferentes mecanismos acción que ejercen. Principalmente su actividad antifúngica se ha asociado a la competencia por espacio y nutrientes, seguido de la producción de metabolitos antifúngicos como son enzimas hidrolíticas y compuestos orgánicos volátiles (3).
En este sentido, también se evaluó la capacidad de *D. hansenii* para inhibir el crecimiento de los fitopatógenos a través de la producción de COV´s. Los resultados mostraron un efecto significativo frente a *A. flavus*, *F. verticillioides* y *P. verrucosum* (Figura 2), esto concuerda con otros estudios ya reportados (4), donde las levaduras y la producción de COV´s están siendo ampliamente estudiados por su capacidad para inhibir el desarrollo de patógenos fúngicos.

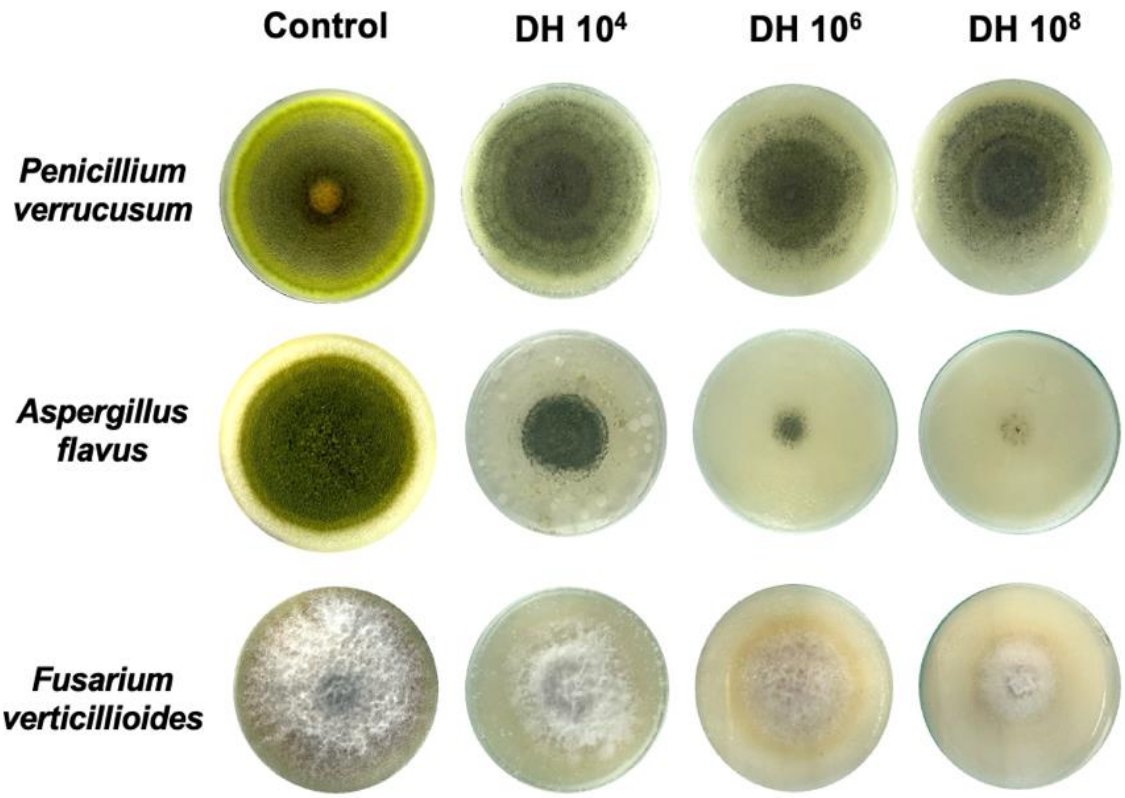


Figura 1. Inhibición del crecimiento micelial de *Penicillium verrucosum, Aspergillus flavus* y *Fusarium verticillioides* con las diferentes concentraciones de *Debaryomyces hansenii* (DH).

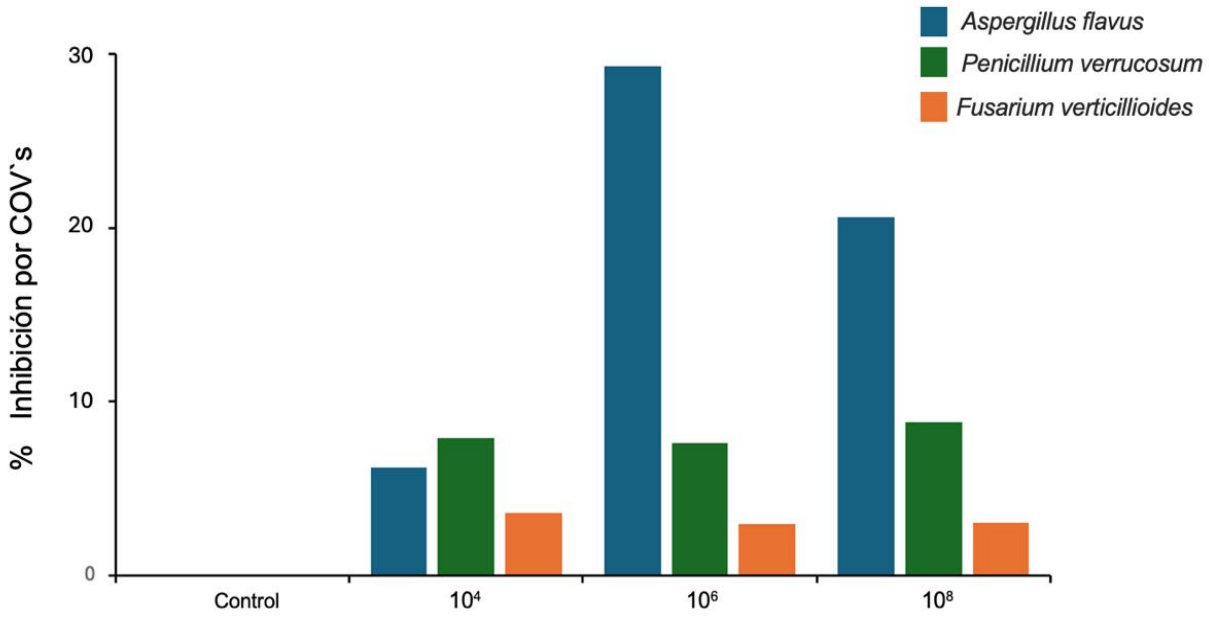


Figura 2. Efecto de los compuestos orgánicos volátiles producidos por *Debaryomyces hansenii* frente a los hongos micotoxigénicos *Aspergillus flavus*, *Fusarium verticillioides* y *Penicillium verrucosum.*

Conclusiones

Debaryomyces hansenii demostró ser eficaz en el control del crecimiento de hongos potencialmente micotoxigénicos en condiciones *in vitro*, lo cual sugiere su potencial para ser utilizada como un agente de biocontrol y reducir las pérdidas durante el almacenamiento y preservar la inocuidad del maíz**.**

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece el apoyo brindado por parte de CONAHCYT a Estefanía Martínez Batista.

Referencias bibliográficas

Carvajal-Moreno, M. (2022). Mycotoxin challenges in maize production and possible control methods in the 21st century. *Journal of Cereal Science 103,* 1-37. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103293.

Ramos-Bell, S, Hernández-Montiel, LG, Velázquez-Estrada, RM, Herrera-González, JA & Gutiérrez-Martínez, P. (2022). Potential of *Debaryomyces hansenii* Strains on the Inhibition of *Botrytis cinereain* Blueberry Fruits (*Vaccinium corymbosum L.*). *Horticulturae, 8*, 1125. https://doi.org/10.3390/horticulturae8121125

Oztekin S, Dikmetas DN, Devecioglu D, Acar EG and Karbancioglu F. (2023). Recent Insights into the Use of Antagonistic Yeasts for Sustainable Biomanagement of Postharvest Pathogenic and Mycotoxigenic Fungi in Fruits with Their Prevention Strategies against Mycotoxins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 71*, 9923–9950. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c00315

Alkuwari, A, Hassan, ZU, Zeidan, R, Al-Thani, R & Jaoua, S. (2022). Occurrence of Mycotoxins and Toxigenic Fungi in Cereals and Application of Yeast Volatiles for Their Biological Control. *Toxins,14*, 404. https://doi.org/10.3390/toxins14060404

EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS FRENTE AL DESARROLLO DE ANTRACNOSIS Y CALIDAD POSCOSECHA EN FRUTOS DE MANGO CV. `TOMMY ATKINS´

Edson Rayón-Díaz[1]*, Surelys Ramos-Bell[1], Estefanía Martínez-Batista[1], Dalia Yarely Ramírez-Ávila[1], Melissa del Carmen Anaya-Carrillo[1], Porfirio Gutiérrez-Martínez[1]

[1]Laboratorio Integral de Investigaciones en Alimentos, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic, Avenida Tecnológico #2595, Col. Lagos del Country, Tepic 63175, Nayarit, México.
*Autor para correspondencia: edrayondi@ittepic.edu.mx

Palabras clave: Quitosano; aldehídos bioactivos; tecnología poscosecha.

Introducción

El mango, un fruto de gran relevancia económica mundial, enfrenta un desafío significativo: su lata susceptibilidad a enfermedades fúngicas poscosecha. Estas infecciones provocan pérdidas considerables den la producción, que oscilan entre el 30 y el 60%, siendo la fase más vulnerable la que abarca desde su almacenamiento hasta la venta, con pérdidas reportadas del 20 al 46%. La antracnosis, la enfermedad, más relevante en afectaciones de mango, destacando *C. asianum* como la segunda especie con mayor impacto sintomático en México. Tradicionalmente, el control de este patógeno se ha basado en la aplicación de fungicidas sintéticos. Sin embargo, el uso indiscriminado ha generado preocupación en sectores ambientales, inocuos y de salud. En respuesta a esta problemática, organizaciones como FAO, la OMS y sectores gubernamentales promueven la implementación de tecnologías alternativas que tengan efectos significativos en el control de enfermedades poscosecha. Entre ellas se destacan los compuestos GRAS (Generalmente Reconocidas como Seguras), valoradas por sus propiedades biodegradables, no tóxicas y antimicrobianas, las cuales son ideales para aplicaciones en frutas y hortalizas, lo que garantiza efectos positivos en el control de fitopatógenos.

Objetivo

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto *in vivo* de la aplicación de tratamientos a base de hexanal, citral y quitosano frente al desarrollo de antracnosis y en la calidad poscosecha de frutos de mango cv. Tommy atkins.

Materiales y métodos

Reactivos. Se utilizó formulaciones a base de quitosano (QS) (47.5 KDa, 90% grado de desacetilación, Golden-Shell Pharmaceutical®), citral (CT) (95%), hexanal (HX) (98%), de manera individual y combinada, y como Tween® 20 y Tween® 80 de la marca SIGMA-ALDRICH® St. Louis, MO, USA como estabilizante.
Patógeno. Se utilizó una suspensión de esporas de $1*10^6$ esporas/mL de una cepa identificada como *C. asianum*.
Preparación de los tratamientos. A partir de un estudio previo, se identificaron y seleccionaron los tratamientos con mayor efectividad. Para la preparación, se siguió el siguiente protocolo: se preparó una solución de QS al 1% en agua acidificada. Paralelamente, se prepararon soluciones de CT al 0.05% y HX al 0.06%. en ambos casos se utilizó una solución con DMSO al 0.5% y se añadió Tween 80 y 20 en cada caso. Las combinaciones se realizaron mediante el método de goteo, incorporando CT y HX a la solución de QS, siempre respetando los porcentajes individuales de cada tratamiento.
Severidad e incidencia de antracnosis. Se lavaron y desinfectaron 30 frutos en una solución de hipoclorito de sodio (2%) y posteriormente se dejaron secar durante 1 h a temperatura ambiente. Se realizaron cuatro punciones de 2 mm con una aguja en la superficie del fruto y se inocularon 10 µL de una suspensión de esporas $1*10^6$ (esporas/mL). Después de 8 h, se aplicaron los tratamientos de QS, CT y HX (individuales y combinados) por inmersión de 1 min, y los frutos se colocaron en una cámara de almacenamiento a 25+3ºC con humedad relativa entre 50-60% durante 12 d. El diámetro de lesiones se midió cada 4 d con ayuda de un vernier digital y el programa ImageJ. La evaluación se realizó por duplicado.
Pruebas fisicoquímicas. Se seleccionaron aleatoriamente 60 frutos, se lavaron y desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio (2%) y posteriormente se dejaron secar durante 1 h a temperatura ambiente. Se les aplicaron los tratamientos de QS, CT y HX (individuales y combinados) y agua como control. Las pruebas se realizaron durante 20 d, midiendo las variables cada 4 d. Se obtuvo el porcentaje

de pérdida de peso, cambio de coloración, firmeza, solidos solubles totales, pH y acidez titulable. La evaluación se realizó por duplicado.
Se aplicó un modelo lineal generalizado (GLM) para la evaluación de las variables de respuesta en este proyecto, además, así como, una prueba de Fisher LSD (α<0.05%) en caso de presentar diferencias significativas. Se utilizó el programa Statistica versión 10 para estos análisis.

Resultados y discusión
Severidad e incidencia. Se observaron diferencias significativas en el desarrollo de la enfermedad en frutos sano. La aplicación de los tratamientos de QS y la combinación QS–CT, presentaron una mayor inhibición en el desarrollo de antracnosis. Por otro lado, los tratamientos de CT y HX de manera individual y la combinación QS–HX mostraron una disminución visible de daño, sin embargo, no fue de manera significativa en comparación con el tratamiento control (Figura 1). El QS puede ser utilizado en frutos como un agente antimicrobiano y protector, aprovechando su mecanismo de interacción electrostática con componentes aniónicos de la membrana celular del hongo. Esto desestabiliza las membranas de los hongos, provocando una fuga de su contenido celular y previene su desarrollo y la pudrición del fruto [1]. Por otro lado, la aplicación de aldehídos (como CT y HX) en frutos puede servir como una estrategia para el control directo de infecciones fúngicas. Estos compuestos, al entrar en contacto con el hongo, ejerce un efecto citotóxico, lo que podría reducir su crecimiento y replicación [2]. En conjunto, estos compuestos no solo inhiben al hongo, sino que también preparan al fruto en la inducción de mecanismos de defensa naturales, lo que podría explicar la reducción en el daño observado [3].

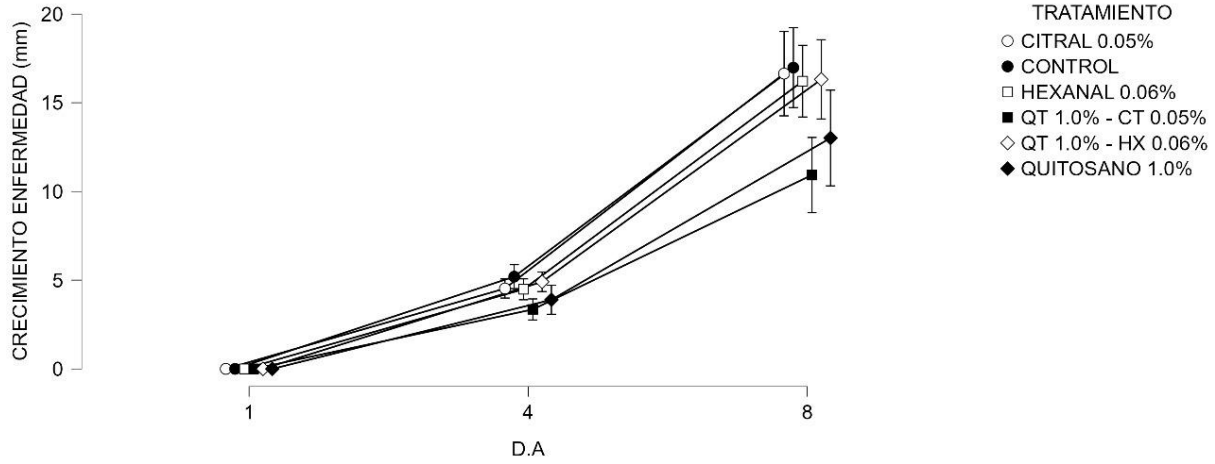


Figura 1. Evaluación de los tratamientos de QS, CT y HX en el desarrollo de antracnosis del fruto de mango Tommy atkins durante 8 días a 25±3ºC y 50 a 60% HR.

Efectos fisicoquímicos. La aplicación de los tratamientos en el fruto de mango mostró cambios significativos en las variables evaluadas. La tendencia general en todos los tratamientos fue de una pérdida progresiva de peso, sin embargo, entre los tratamientos con menor pérdida de peso acumulada fueron las combinaciones de QS-CT y QS-HX, lo que sugiere una posible formación de una barrera semipermeable, lo cual puede reducir la transpiración y con ello una disminución en el metabolismo respiratorio, por otro lado, el tratamiento de QS individual mostró buena retención de peso, aunque ligeramente menor que las combinaciones. Estos efectos también se reflejaron en los parámetros de color, demostrando que las combinaciones lograron una retrasar los cambios de coloración del proceso normal de maduración en el fruto de mango, como se muestra en la Figura 2. Nuestros resultados en la prueba de firmeza del fruto demostraron que los valores iniciales rondaron entre 250 a 280 Newtons, con una disminución en los valores al día final de evaluación entre 20 y 50 N, relacionado al tratamiento aplicado. Los tratamientos que mostraron un mejor desempeño en la conservación de firmeza fueron el QS individual y las combinaciones QS-CT y QS-HX, retrasando el ablandamiento del fruto respecto al control. Los tratamientos de CT y HX individuales mostraron un comportamiento intermedio, logrando ralentizar la pérdida de firmeza en comparación con el control. Estos resultados demuestran que los tratamientos evaluados podrían reducir la pérdida de agua y la degradación enzimática de la pared celular del fruto [4]. Finalmente, los resultados en SST, pH y acidez titulable demostraron nuevamente que los tratamientos de QS y sus combinaciones

con CT y HX provocan una maduración más lenta comparado con el control, presentando una menor pérdida de ácido cítrico, un aumento más lento de pH y con ello un incremento controlado de ºBrix, lo cual sugiere una maduración ralentizada y una mejor conservación poscosecha durante los días evaluados. En contraste, los tratamientos individuales de CT y HX, así como el control, muestran correlaciones más marcadas en relación a síntomas más acelerados en la maduración.

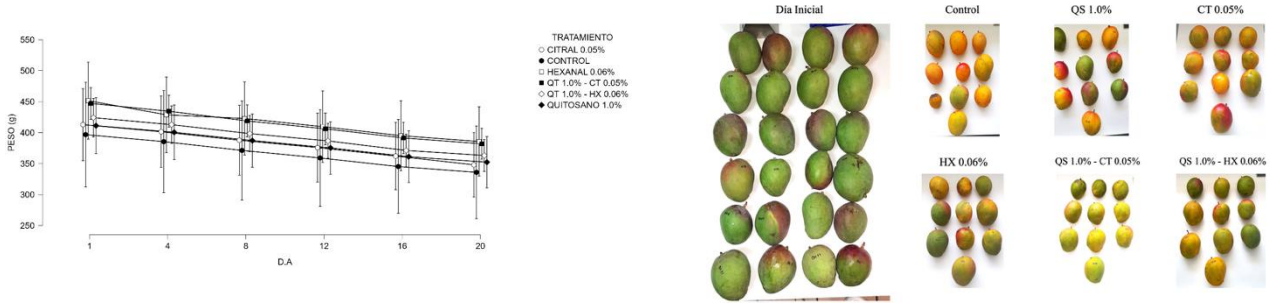


Figura 2. Efecto de la aplicación individual y combinada de tratamientos de QS, CT y HX en la calidad de frutos de mango Tommy atkins en almacenamiento a 25±3ºC.

Conclusiones

Los recubrimientos de QS, en especial las combinaciones con CT y HX fueron más eficaces para controlar la antracnosis y preservar la calidad poscosecha del fruto de mango. Estos tratamientos redujeron la pérdida de peso y el ablandamiento del fruto, además de conservar mejor el ácido cítrico, pH y ºBrix. Ralentizó el proceso de maduración y favoreció la resistencia natural del fruto, por lo que, estos resultados respaldan el uso de esta tecnología como alternativa sostenible para alargar la vida útil y mantener la calidad de mangos durante el almacenamiento.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento al equipo de Patología en Poscosecha de Frutos, del Cuerpo Académico 3 (Laboratorio de Tecnologías Alternativas y Emergentes en Alimentos) del Tecnológico de Tepic/TecNM, así como al CONAHCYT por el apoyo brindado.

Fuente financiadora

Beca de posgrado CONAHCYT No. 826679

Referencias

(1) Valenzuela-Ortiz, G.; Gaxiola-Camacho, S. M.; San-Martín-hernández, C.; Martínez-Téllez, M. Á.; Aispuro-Hernández, E.; Lizardi-Mendoza, J.; Quintana-Obregón, E. A. Chitosan Sensitivity of Fungi Isolated from Mango (Mangifera Indica L.) with Anthracnose. Molecules 2022, 27 (1244), 1–17. https://doi.org/10.3390/molecules27041244.

(2) Caballero-Prado, C. J.; Merino-Mascorro, J. A.; Heredia, N.; Dávila-Aviña, J.; García, S. Eugenol, Citral, and Hexanal, Alone or in Combination with Heat, Affect Viability, Biofilm Formation, and Swarming on Shiga-Toxin-Producing Escherichia Coli. Food Sci Biotechnol 2021, 30 (4), 599–607. https://doi.org/10.1007/s10068-021-00887-y.

(3) Gutiérrez-Martínez, P.; Ramos-Guerrero, A.; Rodríguez-Pereida, C.; Coronado-Partida, L. D.; Angulo-Parra, J.; González-Estrada, R. Chitosan for Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables. In Postharvest Disinfection of Fruits and Vegetables; Siddiqui, M. W., Ed.; Elsevier Inc.: India, 2018; pp 231–241. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812698-1.00012-1.

(4) Tavassoli-Kafrani, E.; Gamage, M. V.; Dumée, L. F.; Kong, L.; Zhao, S. Edible Films and Coatings for Shelf Life Extension of Mango: A Review. Crit Rev Food Sci Nutr 2022, 62 (9), 2432–2459. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1853038.

IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO DE ÁRBOLES MEDIANTE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO E IMÁGENES DE MUY ALTA RESOLUCIÓN ESPACIAL

Juan Carlos Díaz-Rivera1, Carlos Arturo Aguirre-Salado2*, Catarina Loredo-Osti1, Martín Escoto-Rodríguez1

1 Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, SLP 78321, México; 2 Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, SLP 78280, México.
* Autor para correspondencia: carlos.aguirre@uaslp.mx

Palabras clave: Agricultura de precisión; árboles enfermos; vehículo aéreo no tripulado.

Introducción

El cambio climático ha surgido como una amenaza significativa para la producción global de naranja, alterando los patrones de temperatura, precipitación y humedad. Estos cambios perturban el delicado equilibrio necesario para un crecimiento y desarrollo óptimos de los árboles de naranja, lo que conduce a una disminución en los rendimientos y un aumento en la vulnerabilidad a las enfermedades.

Entre las enfermedades que han afectado a los árboles de naranja, dos ejemplos destacados son el huanglongbing (HLB) (Berk, 2016) y la tristeza de los cítricos (Hajeri & Yokomi, 2023). La identificación y manejo de los árboles de naranja enfermos es crucial para mitigar el impacto de estas enfermedades en los huertos (Moriya *et al*., 2021). Los métodos tradicionales de detección de enfermedades se basan en la inspección visual realizada por seres humanos, lo cual puede ser tedioso y está sujeto a errores. Por otro lado, las técnicas de percepción remota, en combinación con algoritmos de aprendizaje automático, han demostrado un gran potencial para automatizar y mejorar los procesos de detección de enfermedades. El objetivo de este trabajo fue identificar árboles de naranja enfermos en un huerto ubicado en el Valle de Rioverde, San Luis Potosí, México, utilizando datos de alta resolución espacial recopilados mediante vuelos de vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés). Para ello, se evaluó el desempeño de cinco algoritmos de aprendizaje automático los cuales incluyen Random Forest, K-Nearest Neighbor, Spectral Angle Mapper, Support Vector Machine y Maximum Likelihood.

Material y métodos

La investigación se realizó en una huerta que se ubica dentro de una importante zona citrícola de más de 5000 ha en la zona centro del Valle de Rioverde, específicamente en el municipio de Ciudad Fernández, San Luis Potosí, México. El área experimental tiene la forma de un polígono irregular de aproximadamente 4 ha.

Se realizó un inventario de árboles de la huerta, en el que se registraron 632 árboles colocados en línea de 8 X 8 m. En este inventario se incluyeron los espacios en donde actualmente no hay árboles debido a que fueron cortados por el productor o se cayeron por enfermedad, ya que esos árboles son reemplazados constantemente. Cada árbol y espacio sin árbol se etiquetó con una clave de identificación compuesta por número de columna y número árbol generando 677 etiquetas.

Este trabajo se desarrolló en ocho etapas principales: (1) adquisición y preprocesamiento de datos de imágenes multiespectrales, (2) generación del ortomosaico, (3) diseño del esquema de clasificación de la cobertura terrestre y selección de áreas de entrenamiento, (4) separación aleatoria de polígonos de entrenamiento y validación (5) selección y conFiguración de algoritmos, (6) clasificación de ortomosaico, (7) validación y evaluación de la precisión de los algoritmos y (8) determinación de la condición fitosanitaria por algoritmo para cada árbol. Los algoritmos utilizados fueron; Maximum Likelihood, Random Forest, Support Vector Machine, k-Nerest Neighbor y Spectral Angle Mapper.

La recolección de imágenes se realizó utilizando un UAV multirotor Phantom 3 Pro de DJI Innovations (SZ DJI Technology Co., Shenzhen, Guangdong, China), con un peso aproximado de 1.280 kg, con autonomía de vuelo entre 18 y 23 minutos, posicionamiento GPS/GLONASS. Las imágenes multiespectrales del sensor MAPIR Survey 3W se recolectaron el día 9 de marzo de 2022, entre las 11 y las 13 horas.

Se realizó una clasificación supervisada sobre el ortomosaico generado del huerto. De acuerdo a los recorridos en campo y los elementos captados en el ortomosaico, las clases seleccionadas fueron: 1) árbol enfermo, 2) árbol sano, 3) suelo, 4) acolchado, 5) sombra, 6) otros y 7) otra vegetación. Se generaron 145 polígonos para la clasificación supervisada abarcando todas las clases, los cuales se distribuyeron de la

siguiente manera: 30 para “árbol enfermo”, 30 “árbol sano”, 10 polígonos para la clase “otra vegetación”, 15 para “otros”, 20 para “acolchado”, 20 para “sombra” y 20 para “suelo”. Los polígonos se distribuyeron por toda el área de estudio, procurando generarlos en áreas bien definidas de cada clase de acuerdo a los recorridos realizados en campo.
La condición fitosanitaria de los árboles se determinó en campo para el entrenamiento de los algoritmos. De manera visual con el apoyo del productor se estimó únicamente el número de árboles con apariencia sana y con apariencia enferma, ya que es complicado determinar el umbral entre un árbol enfermo y uno en estrés, dando un total de 174 árboles sanos y 427 árboles enfermos. Una vez generados los modelos, se logró cuantificar el porcentaje de copa sana por árbol, de esta manera se incluyó también la condición de árbol en estrés, un punto intermedio entre árbol sano y enfermo.

Resultados y discusión
El algoritmo de ML resultó tener un mayor grado de efectividad (88,10 %), teniendo un 100 % de acierto en la predicción de cuatro clases incluida la clase árbol enfermo y solamente dos clases por debajo del 70 % de acierto. El algoritmo RF, obtuvo la puntuación más baja (61,90 %), obteniendo dos clases por debajo del 50 %, incluido la case “otros” con un 0 % de efectividad, es importante recalcar que fue el único algoritmo que predijo al 100% la clase árbol sano.
El inventario de árboles en la huerta fue de 677. Sin embargo, para la evaluación se consideraron solamente 601 árboles. Los árboles restantes se excluyeron de la evaluación debido a causas específicas, como estar secos, ser demasiado pequeños para la producción, presentar signos evidentes de enfermedad o ser de otro tipo de frutas. En Cuadro **1** se muestran los resultados de la condición fitosanitaria de cada árbol obtenidos por cada modelo.

Cuadro 1. Determinación de la condición de los 601 árboles evaluados.

	ML	kNN	SAM	SVM	RF
Árbol sano	17	2	0	21	323
Árbol en estrés	54	20	4	124	191
Árbol enfermo	530	579	597	456	87

Cada algoritmo mostró fortaleza de predicción en al menos una de las clases, sin embargo, los algoritmos que mostraron un mejor desempeño para este trabajo fueron ML y SVM con un alto porcentaje de efectividad (83,3 %) para predecir árboles sanos y árboles enfermos.
En general la precisión de la clasificación para los diferentes métodos puede variar de acuerdo al tipo de imágenes utilizadas, los sensores utilizados, las técnicas de obtención de las imágenes, las condiciones climáticas durante la adquisición de datos, técnicas adicionales para mejorar la clasificación y los métodos de validación.
Los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIACON, 2021), muestran que, Para el 2020 en la región de Rioverde se sembró un 17,2% (5666 Ha), se cosechó un 16,13% (5186 Ha) y se obtuvo una producción del 32,53% (121351 Ton) del total estatal. Si bien se puede observar que la producción es alta con relación al resto del estado, la gran relevancia de esta fruta para la región es el valor de la producción ya que ocupó el 63,5 del valor total de la producción estatal. Además, la producción de la región representa el 2,73% de la producción nacional y 5,78% el valor total de la producción nacional.

Conclusiones
En este trabajo se desarrolló una metodología para la identificación de árboles de naranja enfermos en un huerto localizado en la región del cinturón citrícola de México, Rioverde, San Luis Potosí. Se concluye que ML y SVM fueron los algoritmos que tuvieron un mejor desempeño para la clasificación de árboles sanos y árboles enfermos en un orto-mosaico compuesto por imágenes multiespectrales. Se logró obtener un inventario de árboles de naranja de manera precisa, así como diagnosticar la salud de cada árbol de manera individual dentro de la huerta. El monitoreo de árboles individuales dentro de huertas de frutales empleando datos multiespectrales demostró ser una poderosa herramienta para lograr un manejo agrícola de precisión para optimizar el uso de insumos e incrementar el rendimiento de producción.

Agradecimientos
Los autores agradecen al CONACyT por la beca asignada con el número 713302 para realización de esta investigación.

Referencias bibliográficas

Berk, Z. (2016). Chapter 5 - Diseases and pests. *Citrus Fruit Processing*. 83-93. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803133-9.00005-9.

Hajeri, S., & Yokomi, R. (2023). Chapter 6 - Citrus tristeza virus. *Plant RNA viruses*. 117-133. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95339-9.00009-0.

Moriya, É. A. S., Imai, N. N., Tommaselli, A. M. G., Berveglieri, A., Santos, G. H., Soares, M. A., Marino, M., & Reis, T. T. (2021). Detection and mapping of trees infected with citrus gummosis using UAV hyperspectral data. *Computers and Electronics in Agriculture*, *188*, 106298. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106298.

RELACIÓN ENTRE PROPIEDADES EDÁFICAS Y ACTINOMICETOS EN SUELOS DE MAÍZ CRIOLLO (*Zea mays* L.) EN LA REGIÓN DEL TOTONACAPAN, VERACRUZ

Santiago Domínguez-Monge[1]*, Julio David Mendoza-García[2], Brenda Zulema Guerrero-Aguilar[3], Aurelio Báez-Pérez[4], Isaac Meneses-Márquez[5] y Rosi Edith Santes-Olmedo[6]

[1]Programa de Sanidad Vegetal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Ixtacuaco (INIFAP, CEIXTA); [2]Maestría en Protección Vegetal, Universidad Autónoma Chapingo; [3]Programa de Sanidad Vegetal, INIFAP, CEBAJ; [4]Programa de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, INIFAP, CEBAJ; [5]Programa Recursos Genéticos y Maíz, INIFAP, CECOT; [6]Programa de Producción para el Bienestar.
*Autor para correspondencia: dominguez.santiago@inifap.gob.mx

Palabras clave: Actinobacterias, propiedades edáficas, microbiología.

Introducción

La biodiversidad microbiana del suelo cumple funciones clave en los ecosistemas terrestres, como el reciclaje de nutrientes, la estabilización de la estructura edáfica y el mantenimiento de la productividad agrícola (Van der Heijden *et al*., 2008). Dentro de esta comunidad, los actinomicetos destacan por su capacidad para producir metabolitos bioactivos, degradar compuestos orgánicos complejos y participar en la promoción del crecimiento vegetal (Barka *et al*., 2016). Su distribución y actividad en el suelo están condicionadas por factores edafoclimáticos como la textura, el pH, la retención de humedad, la materia orgánica y la temperatura, los cuales determinan la disponibilidad de nutrientes y la aireación del medio, afectando así la estructura y funcionalidad de las comunidades actinomicetales (Tóth *et al*., 2017).

En la región del Totonacapan, al norte del estado de Veracruz, predomina un sistema agrícola tradicional basado en el cultivo de maíz criollo (*Zea mays* L.), el cual se desarrolla bajo condiciones edafoclimáticas variables y con un uso mínimo de insumos externos. No obstante, existe escasa información sobre el perfil microbiano de sus suelos, en particular sobre la diversidad y distribución de actinomicetos y su relación con las características fisicoquímicas locales. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la diversidad de actinomicetos en suelos cultivados con maíz criollo y analizar su relación con propiedades físicas y químicas del suelo en distintos municipios del Totonacapan, Veracruz.

Materiales y métodos

Durante febrero de 2022 se recolectaron 31 muestras de suelo en parcelas cultivadas con maíz criollo (*Zea mays* L.) distribuidas en siete municipios de la región del Totonacapan, Veracruz. Las muestras fueron tomadas a una profundidad representativa para estudios microbiológicos y edáficos, y posteriormente procesadas en laboratorio mediante diluciones seriadas y siembra en medio de cultivo Czapek. A partir del crecimiento diferencial y características morfológicas de las colonias, se aislaron e identificaron actinomicetos, registrándose la presencia de nueve géneros bacterianos, entre ellos *Streptomyces*, *Actinopolyspora* y *Micromonospora* (Domínguez-Monge *et al*., 2023).

Además del análisis microbiológico, se determinaron propiedades fisicoquímicas del suelo, incluyendo textura (arena, arcilla y limo), capacidad de campo, punto de marchitez permanente, saturación, densidad aparente, pH y temperatura media anual. Con el objetivo de explorar las relaciones entre las condiciones edáficas y la comunidad microbiana, se realizó un análisis de correlación de Pearson mediante el software SAS OnDemand for Academics. Este análisis permitió cuantificar el grado de asociación lineal entre las propiedades del suelo y la abundancia total y específica de actinomicetos. Se consideraron relevantes aquellas correlaciones con coeficientes de r iguales o superiores a ±0.40, por representar asociaciones moderadas a fuertes. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de agrupamiento jerárquico (clúster) para clasificar a los municipios en función de la similitud conjunta de sus características edáficas y microbianas.

Resultados y discusión

El análisis de correlación reveló asociaciones relevantes entre ciertas propiedades del suelo y la abundancia de géneros de actinomicetos en suelos de maíz criollo (*Zea mays* L.) en la región del Totonacapan, Veracruz. Se observaron correlaciones moderadas a fuertes (Figura 1) ($r \geq 0.40$) que sugieren tendencias significativas: *Actinopolyspora* mostró una correlación positiva con variables hídricas del suelo, como capacidad de campo ($r = 0.58$), punto de marchitez permanente ($r = 0.58$) y saturación ($r = 0.58$).

Esto indica que su presencia se ve favorecida en suelos con mayor retención de agua, posiblemente debido a su capacidad para desarrollarse en ambientes mesohídricos.

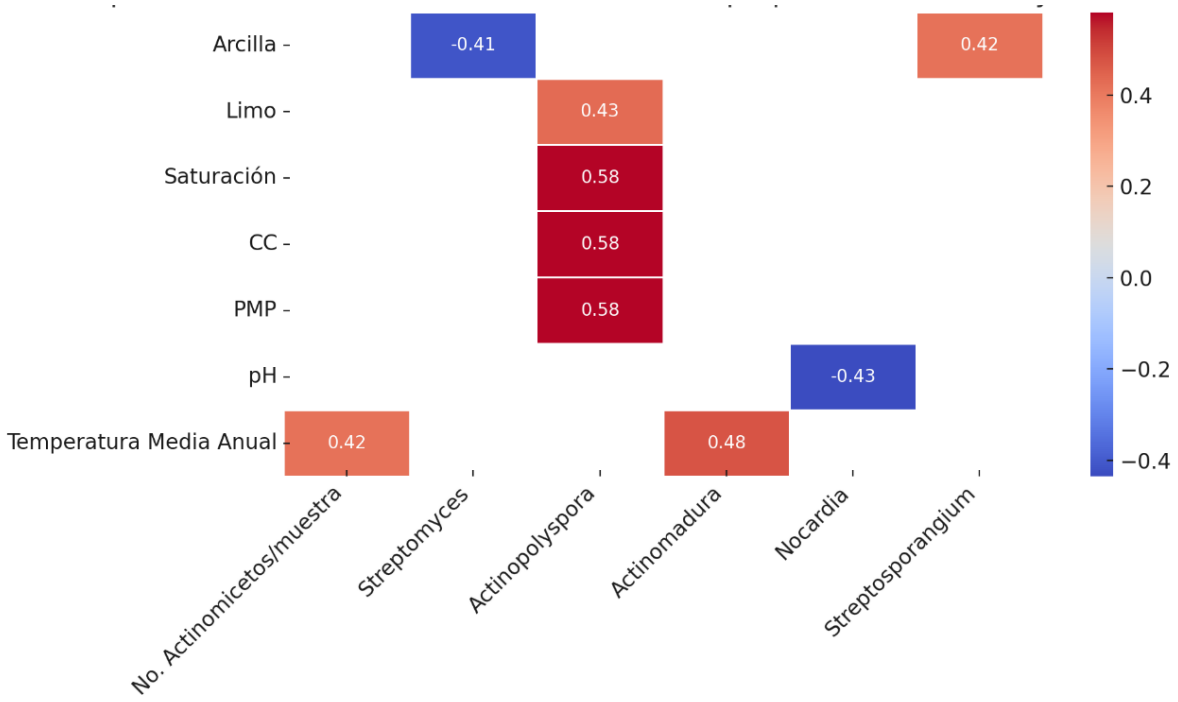


Figura 1. Mapa de calor: Correlaciones relevantes entre propiedades edáficas y actinomicetos

El contenido de limo también se correlacionó positivamente con *Actinopolyspora* (r = 0.43), lo que sugiere que suelos con mayor proporción de partículas finas podrían facilitar el establecimiento de este género. *Actinomadura* presentó una correlación moderada con el contenido de limo (r = 0.48), indicando una preferencia similar por suelos con textura más fina. Por el contrario, *Streptomyces* mostró una correlación negativa con el contenido de arcilla (r = –0.41), lo cual puede reflejar su preferencia por suelos con mayor aireación y menos compactación, condiciones típicamente limitadas en suelos arcillosos. La temperatura media anual presentó una correlación positiva con el número total de actinomicetos por muestra (r = 0.42), lo que sugiere que climas ligeramente más cálidos pueden favorecer la actividad microbiana actinomicetal. Estas correlaciones, aunque moderadas, permiten inferir que tanto la textura como las propiedades hídricas del suelo influyen en la distribución de géneros de actinomicetos, lo cual puede tener implicaciones en la salud del suelo y el potencial biocontrolador de estos microorganismos.

El análisis de agrupamiento jerárquico permitió clasificar los municipios de la región del Totonacapan, Veracruz, en función de sus propiedades edáficas y la composición de actinomicetos presentes en suelos cultivados con maíz criollo (*Zea mays* L.) (Figura 2). Esta agrupación se realizó a partir de variables fisicoquímicas del suelo (como textura, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, pH y temperatura media anual) y datos microbiológicos (número total de actinomicetos y abundancia relativa de géneros como *Streptomyces*, *Actinopolyspora* y *Actinomadura*).

El dendograma mostró agrupamientos de municipios con características edafomicrobianas similares. Aquellos con mayor retención de agua y limo se asociaron a la presencia de *Actinopolyspora*, mientras que suelos arenosos y con pH neutro a alcalino se vincularon con *Streptomyces*, favorecido por condiciones bien aireadas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que las propiedades físico-químicas del suelo, especialmente la capacidad de retención de agua y la textura, influyen significativamente en la distribución de géneros de actinomicetos en suelos de maíz criollo del Totonacapan. El análisis de correlación reveló asociaciones positivas entre *Actinopolyspora* y variables como la capacidad de campo y el limo, mientras que *Streptomyces* se relacionó negativamente con la arcilla. Además, el análisis de agrupamiento jerárquico

permitió identificar municipios con perfiles edafomicrobianos similares, lo que sugiere la existencia de zonas ecológicas homogéneas. Estos hallazgos aportan elementos clave para el diseño de estrategias agroecológicas regionalizadas basadas en el aprovechamiento de la microbiota del suelo.

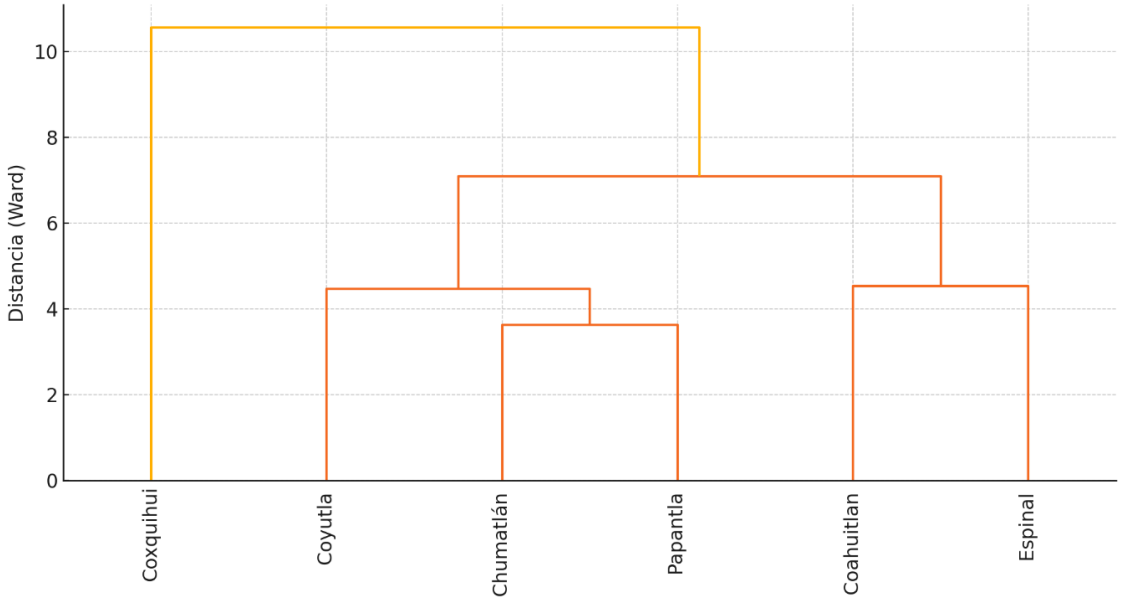


Figura 2. Dendograma jerárquico de municipios basado en propiedades edáficas y actinomicetos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto “Estrategia de Acompañamiento Técnico”. Proyecto con financiamiento del convenio AGRICULTURA-INIFAP.

Referencias bibliográficas

Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gavaut-Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, H. P., . & Clément, C. (2016). Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 80(1), 1–43. https://doi.org/10.1128/MMBR.00019-15

Dominguez-Monge, S., Guerrero-Aguilar, B.Z., Meneses-Márquez, I., Santes-Olmedo, R.E. 2023. Evaluación de la presencia de bacterias promotoras del crecimiento en suelos del Totonacapan, Veracruz. Reuniones Científicas. 08-11 noviembre, Chihuahua.

Tóth, E., Borsodi, A. K., Táncsics, A., & Márialigeti, K. (2017). Influence of soil physicochemical properties on actinobacterial community structure and functional genes involved in carbon and nitrogen cycling. Geoderma, 307, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.07.005

Van der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D., & van Straalen, N. M. (2008). The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. Ecology Letters, 11(3), 296–310. https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x

ESPECIES DE *Botrytis* ASOCIADAS A LA MANCHA CHOCOLATE EN HABA (*Vicia faba* L.) EN LOS VALLES ALTOS DE MÉXICO

Saira Jazmín Martínez-Salgado[1*], José Sergio Sandoval Islas[1] Hilda Victoria Silva-Rojas[2], Cristian Nava Díaz[1], Serafín Cruz Izquierdo[3] Remigio Anastasio Guzmán-Plazola[1]

[1]Posgrado en Fitosanidad, [2]Postgrado en Producción de Semillas [3]Posgrado en Recursos Genéticos y productividad-Genética; Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, 56230 Texcoco, Estado de México, México.
*Autor para correspondencia: martinez.saira@colpos.mx

Palabras clave: *Botrytis fabae*, análisis multilocus, pruebas de patogenicidad.

Introducción

La producción mundial de haba, al igual que otros cultivos de interés alimentario, es limitada por factores bióticos principalmente por enfermedades foliares causadas por hongos, entre los que destacan *Botrytis* spp., *Ascochyta fabae*., *Uromyces viciae-fabae* y *Cercospora zonata* (Ijaz *et al*., 2020). A nivel mundial la mancha chocolate es categorizada como la enfermedad más limitante en el cultivo. A la fecha se han reportado diferentes especies del género *Botrytis* como los agentes causales de la enfermedad; *B. fabae, B. cinerea, B. fabiopsis, B. eucalypti* y *B. pseudocinerea* (Ran *et al*., 2024). Sin embargo, *B. fabae* es considerada la especie más agresiva y la responsable de las pérdidas en el rendimiento del cultivo. El manejo de la enfermedad se lleva a cabo por medio de la aplicación de fungicidas, prácticas culturales y siembra de materiales resistentes (El-Sayed *et al*., 2011). En México, Los Valles Altos son una zona importante de producción y consumo de haba, por lo que identificar a las especies asociadas a la mancha chocolate y conocer su variabilidad es crucial para el manejo eficiente de la enfermedad. Por lo anterior, este proyecto de investigación tuvo el objetivo de caracterizar morfológica y genéticamente a las especies de *Botrytis* asociadas a la mancha chocolate en México.

Materiales y métodos

Muestreo. Se recolectaron plantas con síntomas de la mancha chocolate en zonas productoras del estado de Puebla, Tlaxcala y México, en los dos ciclos de cultivo verano e invierno del 2023 y 2024. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio 125 de Fitosanidad en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo para su procesamiento. **Aislamiento del patógeno.** Las muestras de tejidos se cortaron en pequeños trozos de 5-10 mm, se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 1.5% durante 2 min, se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril y se envolvieron en toallas de papel estériles. Posteriormente, las muestras se colocaron en cajas de plástico de 90 x 15 mm (SYM Laboratorios, México) con medio papa dextrosa agar (PDA, Millipore®). Las cajas se incubaron a temperatura ambiente (22-25 °C) durante 3-5 días, hasta la observación de masas típicas de micelio de *Botrytis*. Para cada aislado se obtuvieron cultivos monoconidiales. **Caracterización morfológica.** Los aislados fueron cultivados en tres diferentes medios de cultivo: PDA, extracto de malta agar (EMA) y agar jugo de ocho verduras (V8). Cada medio se preparó y esterilizó a 115 lb de presión durante 15 minutos y se vertió en cajas Petri de 60 x 15 mm. Posteriormente cada aislado se inoculó colocando una sección de micelio (5 mm de diámetro) en el centro de cada caja, todos los medios de cultivo inoculados se expusieron a luz blanca (12 h luz/12 h oscuridad) a temperatura ambiente (22-25 °C). A partir de la aparición de los conidióforos y conidios en las colonias sembradas en PDA, se prepararon montajes semipermanentes para cada uno de los aislados. En portaobjetos de vidrio (Corning®) con una gota de ácido láctico (Meyer®). Las estructuras se observaron y capturaron en un microscopio óptico (Olympus BX51M) con grabación de imágenes utilizando el software de captura de imágenes del controlador DP de Olympus. Las medidas de los conidios y conidióforos se hicieron a través del programa Image J. **Extracción de ADN y secuenciación.** Los aislados fueron sembrados en medio PDA durante seis días con exposición a 12 h luz/ 12 h oscuridad y temperatura ambiente. Pasado el tiempo, el micelio se recogió con una punta estéril de 200 µL raspando suavemente la superficie y se colocó dentro de un tubo de plástico de 2 mL. Cada muestra se procesó mediante el protocolo de bromuro de cetil trimetilamonio al 2% (Doyle y Doyle, 1990). Posteriormente cada muestra se cuantificó y diluyó para su posterior amplificación. Se amplificaron cuatro regiones; la región del espacio transcrito interno (ITS), con el par de primers ITS5 e ITS4 (White *et al*., 1990) y los genes *hsp60, rpb2* y *g3pdh*. Una vez obtenidos los amplicones, se enviaron a secuenciar a Macrogen, Estados Unidos. **Análisis filogenético.** Se crearon las

secuencias consenso para las cuatro regiones de los 11 aislados de *Botrytis* mediante el programa BioEdit version 5.0.9. A partir de la base de datos del NCBI se tomaron 40 secuencias de nucleótidos, ampliamente usadas para la diferenciación de especies del género. A través de Mega versión 7.0, se realizaron los alineamientos y las secuencias se concatenaron en Mesquite versión 3.81. Los procedimientos de máxima verosimilitud (ML) e inferencia bayesiana (BI) se implementaron utilizando el software raxmlGUI y MrBayes versión 3.2.7a, respectivamente. **Pruebas de patogenicidad.** Los aislados utilizados para las pruebas de patogenicidad fueron CP 21.11 y CP 21.14. El inoculo se incrementó en cajas de plástico de 90 x 15 mm con medio de cultivo V8, las cajas inoculadas se incubaron a 20 ± 2 °C con exposición a luz UV-A durante 15 días. Plantas de haba de cuatro semanas de edad del genotipo '16 ICAMEX' fueron inoculadas, por aspersión, con una concentración de 2 x 10^5 conidios mL^{-1} en agua con 0,05% v/v de Tween 20 (Sigma-Aldrich, Estados Unidos). Para cada aislado se utilizaron cuatro plantas, las plantas control fueron asperjadas con agua destilada estéril. Transcurrida una hora, todas las plantas fueron cubiertas con bolsas de plástico transparente, para alcanzar humedad relativa >90% y se incubaron en una cámara de ambiente controlado a 20 ± 2 °C con fotoperiodo de 12 h luz/ 12h oscuridad. La variable evaluada fue la severidad de la hoja, mediante la escala utilizada por Hanounik y Robertson (1988), donde 1 = sin síntomas o síntomas ligeros cubriendo 1% de la superficie foliar; 2 = algunas manchas pequeñas cubriendo 1-2% de la superficie foliar; 3 = lesiones típicas cubriendo 2-5%, y baja esporulación; 4 = manchas coalescentes con esporulación intermedia, 5-10% de la superficie foliar con daño; y 5 = lesiones extensas con más de 10% de cobertura, defoliación severa, esporulación abundante y muerte de la planta.

Resultados y discusión

Durante las colectas de plantas sintomáticas a 'la mancha chocolate' del haba en zonas productoras del estado de México, Puebla y Tlaxcala se logró obtener 18 aislados de *Botrytis spp*., en el ciclo invierno 2023 y verano 2024. Los 18 aislados fueron agrupados en dos morfotipos, según su desarrollo en medio PDA: 1) colonias con abundante producción de esclerocios planos, adheridos al medio de cultivo y 2) colonias con abúndate esporulación y micelio aéreo, sin producción de esclerocios (Figura 1). Estas características de crecimiento nos dan indicios de que podría tratarse de *Botrytis fabae*, ya que desde su primera descripción morfológica se hace hincapié en su baja producción de conidios y alta producción de esclerocios, además Lee *et al*. (2020) mencionan la misma dificultad en sus ensayos de patología con esta especie, donde finalmente inducen la esporulación al adicionar hojas de haba al medio de cultivo. A través de la microscopía óptica se determinó que los conidios de los aislados del morfotipo 2 son de menor tamaño (10 x 9 µm), mientras que los del morfotipo 1 son más grandes y de formas variables (16 x 11 µm). El análisis multilocus (*rpb2*, *g3pdh*, *hsp60* e ITS) consistió de 51 secuencias, donde se utilizó a *Sclerotinia sclerotiorum* como especie fuera de grupo. Los aislados del morfotipo 1 (CP 21.1, CP 21.1, CP 21.3, CP 21.4, CP 21.5, CP 21.11, CP 21.13) se agruparon con la especie *B. fabae* en el clado 1 del árbol filogenético, mientras que los del morfotipo 2 (CP 21.6, CP 21.8, CP 21.9, CP 21.14) se agrupan entre sí, cerca del grupo de *B. cinerea* (Figura 2), con esta información podemos asegurar que se trata de dos especies asociadas a la mancha chocolate en las zonas productoras muestreadas. Para los ensayos de patogenicidad se obtuvieron respuestas diferenciadas entre los aislados de los dos morfotipos, mientras que los del morfotipo 1, indujeron lesiones necróticas características de la mancha chocolate en las escalas 4 y 5, los del morfotipo 2 indujeron pequeñas lesiones, clasificándose en la escala 1. Esto coincide con reportes en otros países productores como China y Etiopia, donde *B. fabae* destaca como la especie más agresiva (Bankina *et al*., 2021).



Figura 1**.** Características morfológicas de especies de *Botrytis* asociadas a la mancha chocolate y síntomas en hojas de haba del genotipo '16 ICAMEX'. A, C) morfotipo I, B, D) morfotipo II.

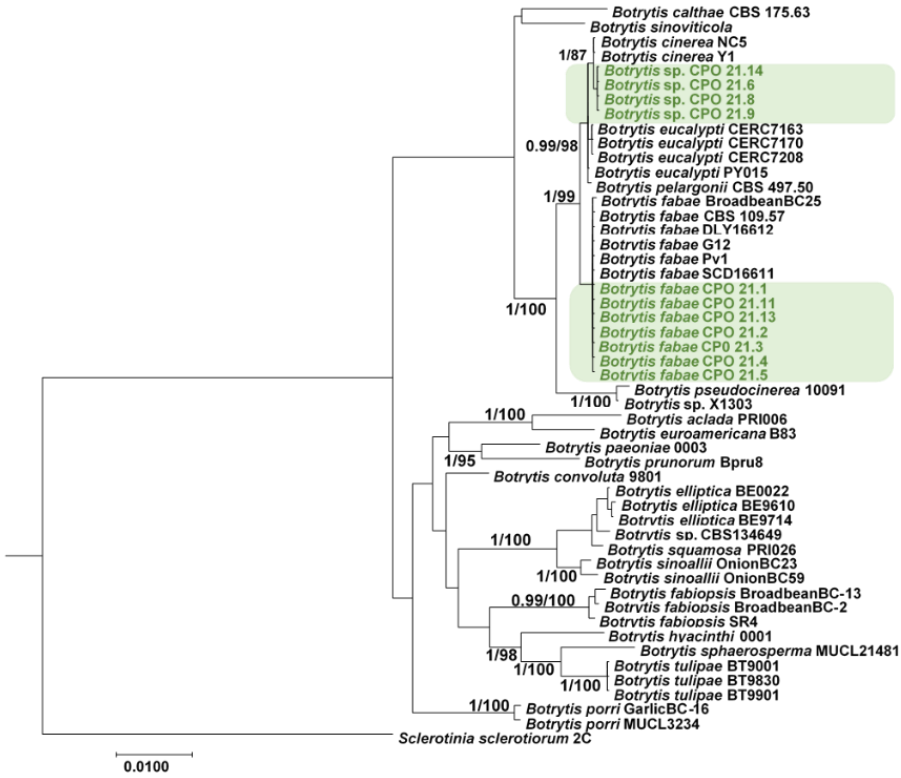


Figura 2. Árbol filogenético bayesiano de especies de *Botrytis* reconstruido utilizando conjuntos de datos concatenados de la región espaciadora transcrita interna, y las secuencias génicas *hsp60*, *rpb2* y *g3pdh*. Los aislados resaltados en verde son los estudiados en esta investigación, indicando dos diferentes especies. Las probabilidades posteriores y los valores de soporte bootstrap (PP/BS) se indican en los nodos. La barra de escala indica las sustituciones esperadas por sitio.

Agradecimientos

A la SECIHTI por la beca otorgada al estudiante y a los proyectos que financiaron la investigación. Al Colegio de Postgraduados por las facilidades proporcionadas para la realización de la investigación.

Referencias bibliográficas

Bankina B, Stoddard F, Kaņeps J, Brauna-Morževska E, Bimšteine G, Neusa-Luca I, Roga A, Fridmanis D. 2021. Botrytis four species are associated with chocolate spot disease of faba bean in Latvia. Zemdirbyste-Agriculture 108: 297-302. https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.038

Doyle JJ, JL Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12:13–15.

El-Sayed- Sahar A, El-Shennawy RZ, Ismail AI. 2011. Fungicidal management of chocolate spot of faba bean and assessment of yield losses due to the disease. Annals of Agricultural Science 56: 27–35.

Hanounik SB, Robertson LD. 1988. New sources of resistance in Vicia faba to chocolate spot caused by Botrytis fabae. Plant Disease 72: 696–698.

Ijaz U, Adhikari K, Kimber RBE, Trethowan R, Bariana H, Bansal U. 2020. Pathogenic specialisation in Uromyces viciae-fabae in Australia and rust resistance in faba bean. Plant Disease Doi:10.1094/pdis-06-20-1325-re

Lee RC, Farfan-Caceres LM, Debler JW, Syme RA. 2020. Characterization of growth morphology and pathology, and draft genome sequencing of Botrytis fabae, the causal organism of chocolate spot of faba bean (Vicia faba L.). Frontiers in microbiology 11, 217. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00217

Ran Y, Yu M, Hou L, Liu Y. 2024. First report of chocolate spot caused by Botrytis eucalypti on faba bean in China. Plant disease. Doi:10.1094/PDIS-11-23-2477-PDN.

SECCIÓN 7
Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología



"LA MUJER Y LA NIÑA EN LA CIENCIA" / *María Del Carmen Zavaleta Córdova*

RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE TRAMPAS PARA EL CONTROL DE *Rhynchophorus palmarum* L. EN PALMA DE COCO (*Cocos nucifera* L.)

Jesús Germán De La Mora-Castañeda*, Jimena Candelaria Flores-López, Wilberth Chan-Cupul, Rafael Julio Macedo-Barragán

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima.
*Autor para correspondencia: gmora1@ucol.mx

Palabras clave: Trampa cubeta, trampa tipo Crosstrap, trampa Picusan.

Introducción

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) es una de las especies de plantas alimenticias más importantes para el hombre debido a su gran cantidad de usos y aplicaciones. México ocupa el noveno lugar mundial en la producción de copra y coco con una producción de 439 000 toneladas siendo los estados de Guerrero, Jalisco y Quintana Roo los principales productores. En el año 2023, en el estado de Colima se destinaron 16 017.34 hectáreas a este cultivo, 15 195.84 para la producción de copra y 821.50 a la de coco verde de las cuales, se obtuvo una producción de 21 264.80 y 5 440.36 toneladas respectivamente (SIAP, 2025).

El principal problema sanitario que enfrentan los productores de coco en el estado de Colima es la presencia del picudo negro o picudo americano de las palmas *Rhynchophorus palmarum* L. Este insecto es de gran importancia económica en los cultivos de palma de coco por el daño que causan sus larvas al alimentarse de las bases peciolares en la zona del cogollo de la planta, siendo, además, el principal vector del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus*, agente causal de la enfermedad del anillo rojo considerada como una de las más letales en el cultivo del cocotero (Murguía-González *et al*., 2018).

Entre las estrategias que han sido utilizadas para reducir la población de *R. palmarum* y en consecuencia disminuir la trasmisión de enfermedades, la captura intensiva de insectos con el uso de trampas ha demostrado ser la estrategia más eficaz (Murguía-González *et al*., 2018).

La evaluación de la rentabilidad de las trampas para la captura de adultos de *R. palmarum* en plantaciones de coco es importante para el manejo integrado de esta plaga. De acuerdo con (Murguía-González *et al*., 2018) las trampas artesanales son más accesibles para los agricultores y altamente eficientes en la captura de este insecto, por lo tanto, representan una herramienta eficaz para el monitoreo de sus poblaciones.

En la actualidad existen varios tipos de trampas de elaboración artesanal, todas fabricadas con contenedores y cubetas de diversos tamaños cuya rentabilidad ha sido previamente evaluada en el estado de Colima (De La Mora-Castañeda *et al*., 2022). Asimismo, existen trampas con otros diseños como el tipo Crosstrap y trampas comerciales (Picusan®) que no han sido valoradas desde el punto de vista económico.

Objetivo

Evaluar costo-beneficio de tres tipos de trampas usadas para la captura de *R. palmarum* L. en una plantación de palma de coco en el estado de Colima.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el predio “La Gloria” ubicado en el municipio de Tecomán, Colima en las coordenadas geográficas 18.87249° N, 103.93032° O, a una altura de 36 msnm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano correspondiente a la clave Aw0(w), con una temperatura y precipitación media anual de 26.3 °C y 484.9 mm respectivamente (INEGI, 2025).

El predio cuenta con una huerta de 38 ha de palma de coco (Cocos nucifera L.) variedad Enano Verde de Brasil, establecida a una densidad de 220 plantas ha^{-1}. Las palmas tienen una edad promedio de 3.5 años y un rango de altura de 3 a 4 m.

Se evaluaron tres tipos de trampa: las de tipo Crosstrap y cubeta de fabricación artesanal y la trampa comercial Picusan®, cuyas características se aprecian en la Figura 1. Las trampas fueron suplementadas cada siete días con cebo alimenticio (piña, plátano, caña, agua, alcohol y vinagre) y cada dos meses con la feromona de agregación Pherocon® (Koppert, Querétaro, México). Las trampas se colocaron en la periferia del predio con una distancia de 100 metros entre cada una de ellas. Las trampas Picusan y tipo cubeta se colocaron a ras del suelo y la trampa tipo Crosstrap a 1.5 m sobre el nivel del suelo. La captura de los insectos se monitoreó de forma semanal por un periodo de 16 semanas durante las cuales se contabilizó el número de machos, hembras y total de insectos capturados por trampa.



Figura **1**. Arreglo de las trampas usadas para la captura de Rhynchophorus palmarum L. A: Tipo Crosstrap; B: Picusan®; C: Tipo cubeta

Para cada trampa se determinó el costo total de captura conforme a la ecuación propuesta por Murguía-González *et al*. (2018):

$$CT = (Cm + Cf) + (Cb + Cmu) * Nt$$

Dónde: CT= Costo total de captura (16 semanas); Cm= Costo de adquisición o fabricación de la trampa Cf= Costo de la feromona (2 remplazos), Cb= Costo del cebo alimenticio (16 remplazos), Cmu= Costo del muestreo semanal (16 semanas), Nt= Numero de trampas establecidas (10 trampas).

El costo/beneficio de captura se determinó usando el costo de captura por insecto y se calculó por medio de la ecuación

$$CBT=Ct/Tac$$

Dónde: CBT= Costo-beneficio del trampeo, Ct= Costo total de captura, Tac= Total de adultos capturados.

Resultados y discusión

Considerando el costo del material y la mano de obra utilizados para su fabricación, las trampas tipo Crosstrap y cubeta tuvieron un costo de manufactura similar y a su vez, menor que el costo de adquisición de la trampa Picusan® (Cuadro 1).

Cuadro 1. Costo de fabricación y de adquisición (en pesos mexicanos) de las trampas.

Tipo Crosstrap	Costo[1]	Tipo cubeta	Costo[1]	Picusan®	Costo[2]
Bote	$ 26.00	Cubeta	$ 50.00	Trampa	$600.00
Plato	$ 7.00	Maya ½ metro	$ 74.50		
Hoja de policarbonato	$104.75	Adaptador y tubo	$ 12.00		
Pegamento	$ 2.60	Pegamento	$ 8.00		
Cúter	$ 1.50	Mano de obra	$317.00		
Cinchos	$ 2.50				
Mano de obra	$317.00				
Total	$461.35		$461.50		$600.00

[1]Costo de fabricación; [2]Costo de adquisición.

El costo total del trampeo durante las 16 semanas de evaluación fue mayor con el uso de la trampa Picusan® mientras que el costo total de captura de las trampas tipo Crosstrap y cubeta fue similar. El análisis de costo/beneficio expresado como costo de captura por insecto mostró que las trampas tipo Crosstrap y cubeta tuvieron el menor y mayor costo de captura individual respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Costo total del trampeo (en pesos mexicanos) y relación costo-beneficio por tipo de trampa durante las 16 semanas de evaluación.

Trampa	Nt	Cm	Cf	Cb	Cmu	CT	RCB
Tipo Crosstrap	10	$461.35	$110.00	$640.00	$507.20	$17 185.50	$12.61
Picusan®	10	$600.00	$110.00	$640.00	$507.20	$18 572.00	$17.00
Tipo cubeta	10	$461.50	$110.00	$640.00	$507.20	$17 187.00	$19.96

Nt= Número de trampas; Cm= Costo de adquisición o fabricación de la trampa; Cf= Costo de la feromona (2 reemplazos); Cb= Costo del cebo alimenticio (16 reemplazos); Cmu= Costo del muestreo (16 semanas); CT= Costo total del trampeo.

La trampa tipo Crosstrap mostró la mejor relación costo-beneficio (MXN$ 12.61 insecto^{-1}) debido a que tuvo el menor costo de fabricación y la mayor eficiencia de captura. Por su parte, pese a que el costo de fabricación de la trampa tipo cubeta fue prácticamente similar al de la trampa tipo Crosstrap, su costo de captura por insecto fue el más alto (MXN$ 19.96 insecto^{-1}), debido a su baja eficiencia de captura. En un estudio previo realizado en el estado de Colima, De la Mora *et al*. (2022) estudiaron una trampa tipo cubeta similar a la utilizada en este estudio y encontraron un costo de captura por insecto significativamente mayor (MXN$ 51.50 insecto^{-1}), esto como consecuencia de la menor cantidad de capturas, ya que solo se registraron 193 en un periodo de 18 meses. Los otros cuatro tipos de trampa evaluadas en este mismo estudio: bote de basura, contenedor de 20 L, botella y CSAT también mostraron un costo individual de captura mayor con MXN$ 29.10, MXN$ 59.50, MXN$ 133.50 y MXN$ 37.00 insecto^{-1}. Cabe señalar que la el costo de captura y la relación costo- beneficio tenderá a mejorar conforme transcurra el tiempo de uso de las trampas por lo que, la vida de útil de estas será un factor importante que considerar.

Conclusiones

La trampa tipo Crosstrap tuvo el mejor costo-beneficio mientras que la trampa tipo cubeta que es la más utilizada por los productores de la región, mostró el mayor costo de captura por insecto.

Referencias bibliográficas

De La Mora-Castañeda, J. G., López-Mora, I. Y., Chan-Cupul, W., Palma-García, J. M. (2022). Efficacy and cost efficiency of traps for mass capture of Rhynchophorus palmarum L. in a mexican Cocos nucifera L. orchard. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25(3), #108.

Milosavljević, I., Hoddle, C. D., Mafra-Neto, A., Gómez-Marco, F., & Hoddle, M. S. (2020a). Effects of food bait and trap type on captures of Rhynchophorus palmarum (Coleoptera: Curculionidae) and trap bycatch in Southern California. *Journal of Economic Entomology*, 113(5), pp. 2407-2417.

Murguía-González, J., Landero-Torres, I., Leyva-Ovalle, O. R., Galindo-Tovar, M. E., Llarena-Hernández, R. C., Presa-Parra, E., & García-Martínez, M. A. (2018). Efficacy and cost of trap-bait combinations for capturing *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) in ornamental palm polycultures. *Neotropical Entomology*, 47(2), pp. 302-310.

Löhr, B., & Parra, P. P. (2014). *Manual de trampeo del picudo negro de las palmas Rhynchophorus palmarum, en trampas de feromona adaptadas a la situación particular de pequeños productores de la costa del Pacífico colombiano*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.

SIAP. (15 de febrero de 2025. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

RESPUESTAS ADAPTATIVAS DE PRODUCTORES DE MAÍZ DE TEMPORAL AL CAMBIO CLIMÁTICO EN HUAMANTLA, TLAXCALA

Venancio Cuevas- Reyes[1], Enrique Buendía Rodríguez[1], José Luis Jolalpa Barrera[1], Jaime Rangel Quintos[2] y Dolores Briones Reyes[1]

[1]CE Valle de México CIRCE, INIFAP; [2]CE La Posta CIRGOC, INIFAP.
*Autor para correspondencia: cuevas.venancio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Clima, medidas de adaptación, pequeños productores.

Introducción

En la actualidad, como resultado de los efectos del cambio climático se han identificado cambios en los patrones meteorológicos (olas de calor, altas temperaturas, huracanes), sin embargo, se desconoce cómo se traducen estos cambios en la agricultura y, cómo afectarán a los pequeños productores y qué estrategias de adaptación son las más apropiadas para minimizar los impactos del clima (Donatti *et al.,* 2018). El municipio de Huamantla es el principal productor en el estado de Tlaxcala: el rendimiento promedio de maíz en el 2023 bajo riego (14.8%) fue de 7.4 t ha^{-1}, y en condiciones de temporal (85.2 % en el estado) fue de 2.8 t ha^{-1} (SIAP-SIACON, 2024). Se reconoce que la agricultura se verá fuertemente impactada por cambios ambientales, en particular la agricultura de pequeña escala, por su dependencia de los recursos naturales y las limitantes socioeconómicas existentes para el mantenimiento de la producción. Estos efectos climáticos pueden ser mayores en zonas donde la producción agrícola es de temporal o secano, como es el caso de Huamantla, Tlaxcala. El objetivo de este trabajo fue documentar cómo los pequeños productores de zonas de temporal en Huamantla, Tlaxcala realizan prácticas adaptativas en la producción de maíz para enfrentar los efectos climatológicos y como perciben los impactos del cambio climático.

Materiales y métodos

La zona de estudio se encuentra ubicado a los 19° 19´ de latitud norte y 97° 55´ de longitud oeste, con una altitud media de 2 500 metros. Cuenta con una extensión territorial aproximada de 331.92 km^2. Para seleccionar la muestra, se utilizó muestreo no probabilístico e intencional (Quinn, 2002). Durante el mes de agosto y septiembre de 2024 fueron entrevistados 43 pequeños productores de maíz del municipio de Huamantla. Se elaboró y aplicó un cuestionario en tres secciones o apartados: 1) características sociales del productor, 2) producción de maíz y, 3) percepción que tiene sobre el conocimiento del cambio climático y la producción de maíz. Se utilizó el análisis clúster (AC) para identificar grupos homogéneos de productores para lo cual fueron seleccionadas siete variables cuantitativas relacionadas con los aspectos sociales del productor, recursos agrícolas, rendimientos agrícolas y producción de maíz. Se utilizó la prueba t-student para grupos independientes. Los análisis fueron realizados con el software MINITAB y SPSS 27.0 para Windows. Además, mediante tasas de crecimiento se analizó la información estadística de la base de datos del SIACON sobre superficie sembrada y producción en el municipio de Huamantla, Tlaxcala durante el periodo 2003 a 2023.

Resultados y discusión

El análisis clúster permitió clasificar las unidades de producción de maíz en tres grupos o clústeres diferenciados: el Clúster1 (C1, n=8), denominado grupo de productores jóvenes constituye el 19% de UP, en la cual la edad de los productores fue de 38 años, el Clúster2 (C2, n= 26), denominado productores de edad avanzada con menores rendimientos, representa el 60% con productores que tienen una edad de 67 años promedio, y finalmente, el Clúster3 (C3, n=9), denominada productores de edad avanzada con rendimientos favorables, representa el 21 % del total de la muestra analizada y los productores presentaron una edad promedio de 65 años.

El 95.4% de los productores entrevistados realiza la producción de maíz bajo condiciones de temporal. La producción actual de los tres grupos presento diferencias significativas ($p<0.05$). Al analizar la información proporcionada por los productores, sobre los rendimientos obtenidos en el ciclo PV 2024 comparados con los que obtenían diez años atrás se observó que la producción en secano ha disminuido de 3.13 (t ha^{-1}) en el año 2014 a menos de una tonelada por hectárea en 2024 ocasionados principalmente por problemas de sequía (Cuadro1).

Cuadro 1. Rendimiento actual y pasado de maíz (t ha^{-1}).

Clúster	Rendimiento 2024 (t ha^{-1})	Rendimiento 2014 (t ha^{-1})
Productores Jóvenes (C1)	0.86^{a}	2.9^{a}
Productores de edad avanzada y bajo rendimiento (C2)	0.46^{b}	3.2^{a}
Productores de edad avanzada con buen rendimiento (C3)	1.4^{c}	3.3^{a}
Promedio	0.91^{a}	3.13^{a}

Fuente: elaboración propia. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba t de Student.

Estos cambios en los niveles de producción de maíz bajo condiciones de temporal, pudieran ser ocasionados por aspectos relacionados con el tipo de tecnología utilizada y posiblemente por variables relacionadas con el cambio climático. Al respecto, de acuerdo a la información del SIAP-SIACON (2024), durante el periodo 2003 a 2023, la tasa de crecimiento promedio anual de la superficie sembrada fue negativa (-0.3 %), en tanto la producción de este cultivo, en los últimos diez años ha tenido siete años con tasas anuales negativas. En el año 2005 se tuvo una reducción del 75.3 %, en 2009 fue de 38.1 % y en años más recientes, 2015, la reducción de la producción de maíz fue de 18.0% (Figura 1).

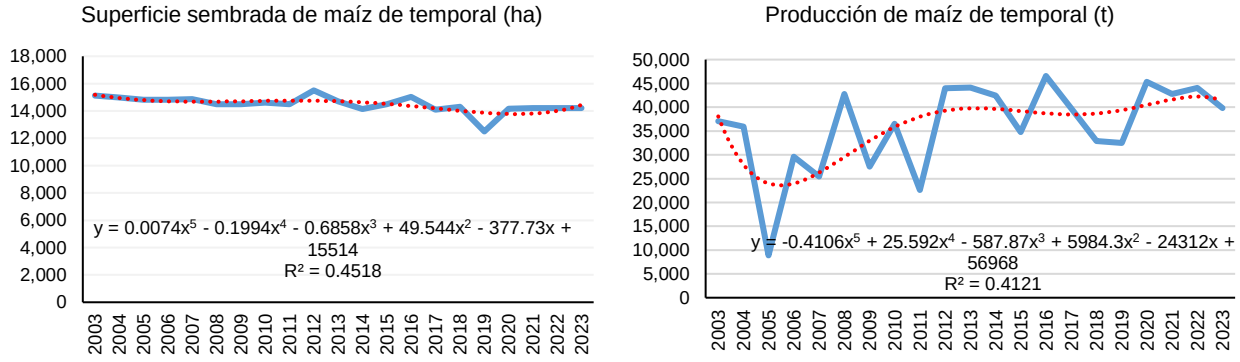


Figura 1. Superficie y producción de maíz de temporal en Huamantla, Tlaxcala (2003-2023).

Cambio climático desde la visión del productor y respuestas adaptativas

En general, los productores jóvenes (C1) identifican el concepto de cambio climático (CC), en tanto, cerca del 20% de los productores de los otros dos grupos desconocen el concepto (19.2 % del C2 y 22.2 % del C3). Los productores de los tres grupos perciben los problemas por efectos ambientales en la producción de maíz, estos se manifiestan a través de: menor cantidad de lluvia (65%), días con más calor (26%), cambio brusco en el inicio de estaciones (14%), cambio en las fechas de siembra del maíz (9%), deterioro del suelo (7%), presencia de granizadas atípicas (5%) y heladas tempranas (3 %). Ante los efectos del CC, se requieren estrategias para fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas a fin de reducir el riesgo de inseguridad alimentaria tanto ahora como en el futuro (Smith y Frankenberger, 2018).

Estudios realizados en África recomiendan mejorar las prácticas de manejo de la tierra a gran escala e integrar prácticas como la recolección de agua y la siembra de variedades tolerantes a la sequía en los sistemas de cultivo de pequeños productores para mejorar los rendimientos de maíz en regiones semiáridas (Muoni *et al.,* 2025). En México, Eakin (2000) recomienda: aplicación de cultivos de cobertera, modificaciones en las prácticas de labranza, incorporación de sombra, escalonar las épocas de siembra, utilizar cultivos intercalados de maíz con cultivos tolerantes a la sequía, uso de sistemas agroforestales. Para la zona de estudio, en el ciclo productivo del 2024, el titular de la Secretaría de Impulso Agropecuario (SIA) del estado de Tlaxcala, señalo que el retraso de la lluvia, que se prolongó hasta el 20 de junio de 2024 obligo a los productores a sembrar otros cultivos como avena y maíz forrajero precoz para producir elote en tres meses. Los productores entrevistados ya utilizan algunas estrategias adaptativas, entre las que se encuentran: 9.3 % realiza cambio de semilla y el mismo porcentaje realiza subsuelo, 16.3 % realiza una menor cantidad de prácticas de preparación del suelo, 39.5% utiliza semillas de ciclo corto y 25.6% señalo que realiza otras prácticas (como sembrar cultivos alternativos como avena). También, mencionaron que han llegado a cambiar las fechas de siembra.

Conclusiones

La información sobre la percepción de los efectos del cambio climático por parte de los productores debe ser utilizada en las acciones de extensión rural, capacitación y en la definición y mejoramiento de acciones de difusión para la escalabilidad de estrategias tecnológicas y prácticas adaptativas con la finalidad de disminuir la vulnerabilidad ambiental de la producción de maíz de temporal de la zona de estudio y de otras regiones similares. Se recomienda, realizar acciones de investigación para el diseño y mejoramiento de prácticas adaptativas de corto, mediano y largo plazo para mejorar la producción de maíz bajo condiciones de temporal, ya que, de acuerdo a los pronósticos realizados por agencias internacionales y nacionales, los efectos del clima permanecerán y serán de mayor intensidad en estas áreas en los años futuros.

Agradecimientos y Fuente financiadora

Se agradece a los pequeños productores del sistema de producción de maíz de temporal entrevistados y al INIFAP por el financiamiento al proyecto SIGI: 1474736477, titulado “La percepción de los productores de maíz sobre los efectos del cambio climático y la adopción de semillas mejoradas en tres regiones agroecológicas en los estados de Tlaxcala, Estado de México y Veracruz”.

Referencias bibliográficas

Donatti, C. I., Harvey, C. A., Martinez-Rodriguez, M. R., Vignola, R., & Rodriguez, C. M. (2018). Vulnerability of smallholder farmers to climate change in Central America and Mexico: current knowledge and research gaps. Climate and Development, 11(3), 264–286.

Eakin, H. (2000). Smallholder maize production and climatic risk, a case study from Mexico. Climatic Change, 45, 19–36.

Quinn, M.P. (2002). Qualitative Research & Evaluation Methods. Sage Publications.

Muoni, T., Kihara, J., Madamombe, S.M. *et al*. (2025). Climate change vulnerability and drivers of low maize yields under smallholder farming systems in semi-arid area of Marange in Zimbabwe. Discov Sustain 6:394. https://doi.org/10.1007/s43621-025-01189-7Smith, L.C. & Frankenberger, T.R. (2018). Does Resilience Capacity Reduce the Negative Impact of Shocks on Household Food Security? Evidence from the 2014 Floods in Northern Bangladesh. World Development, 102:358-376

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP-SIACON]. (2024). https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon?idiom=es

LA ESTACIONALIDAD DE LOS PRECIOS MENSUALES DEL AZÚCAR ESTÁNDAR MEXICANA AL CONSUMIDOR, 1994 - 2023

Samuel Luis-Rojas[1], Roberto Carlos García-Sánchez[1]*

[1]Posgrado de Economía. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México – Texcoco km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230.
*Autor para correspondencia: rcgarcia@colpos.mx

Palabras clave: Series de tiempo, volatilidad de precios, planeación agrícola.

Introducción

La industria de la caña de azúcar se ha desarrollado en México a partir de la conquista española, y desde entonces es una de las actividades de mayor tradición en el país. Su contribución es un importante motor económico, ya que para el año 2021, se estimó que generó un valor aproximado entre 40 y 50 mil millones de pesos anuales, y para el mismo periodo se cultivaron más de 800 mil hectáreas de caña de azúcar en 267 municipios de 15 Entidades Federativas generando 440 mil empleos directos y 2.2 millones de indirectos en zonas rurales de 267 municipios de México (SADER, 2023). De la agroindustria de la caña, se obtiene el subproducto denominado azúcar estándar. Se define como un producto sólido derivado de la caña de azúcar, constituido esencialmente por cristales sueltos de sacarosa, en una concentración mínima de 99.40 % de polarización y se obtiene mediante proceso similar al utilizado para producir azúcar crudo (mascabado), aplicando variantes en las etapas de clarificación y centrifugación, con el fin de conseguir la calidad del producto deseada (CNIAA, 2022). El estudio tiene por objetivo calcular el índice estacional del precio mensual del azúcar estándar al consumidor en México y cuantificar las fluctuaciones estacionales. La hipótesis planteada es que el componente estacional es uno de los factores que explica la fluctuación de los precios agrícolas y puede coadyuvar a prevenir la volatilidad y caída o alza excesiva de los mismos.

Materiales y métodos

Se utilizó una serie histórica mensuales de 1994 a 2023 de precios nominales, expresada en pesos mexicanos ($MXN kg^{-1}). La serie Precio promedio mensual del azúcar de caña estándar en México (PAZUCAR) se obtuvo del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2023) y de la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (CNIAA, 2023). Para estimar las fluctuaciones de los precios, provocados por la estacionalidad de los PAZUCAR, es necesario obtener los precios reales ($\mathrm{PAZUCAR}_{t\alpha}$), y así eliminar el efecto de la inflación sobre los precios corrientes, esto se obtiene dividiendo el precio nominal (corriente) entre el índice nacional de precios al consumidor base segunda quincena de julio de 2018, renombrando a la serie como PRAZUCAR. Para conocer el comportamiento estacional de los PAZUCAR y calcular su respectivo índice, se asume que $P_t = (P_1,\ P_2,\ P_3 \ldots, P_n)$, es una serie de tiempo de los PAZUCAR, entonces, el enfoque univariado de series históricas, plantea que una serie histórica $\left(P_t = f\ (t)\right)$ de precios, y el cálculo del índice estacional (IE) se calcula con el precio promedio de las observaciones mensuales de cada año (ecuación 1), enseguida se calcula el precio relativo, el cual se obtiene dividiendo el precio real del mes t en el año α entre el precio promedio calculado en la ecuación (2), esto multiplicado por 100 (Martínez-Jiménez y García-Salazar 2020).

El IE mensual (IEt), se obtiene con los datos anteriores, a través de la división la suma de los precios relativos respectivos mensuales de cada año entre el número total de años del periodo analizado (29), como se indica en la ecuación (3).

$$\overline{PRAZUCAR_{\alpha}} = \frac{\sum_{t=1}^{n} PRAZUCAR_{t\alpha}}{n} \qquad (1)$$

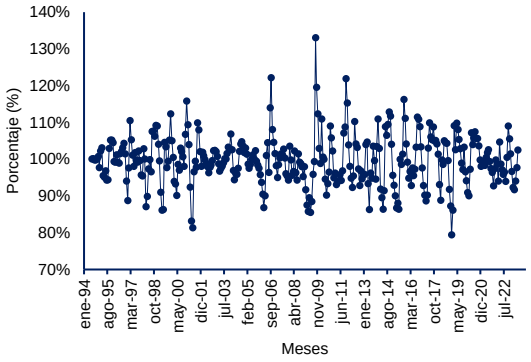
$$PPe_{t\alpha} = \left(\frac{PRAZUCAR_{t\alpha}}{\overline{PAZUCAR_{\alpha}}}\right) * 100 \qquad (2)$$

$$IE_t = \frac{\sum_{t=1}^{n} PPe_{t\alpha}}{m} \qquad (3)$$

Resultados y discusión

Variación e Índice Estacional (IE) del precio del azúcar. La serie de precios del azúcar estándar al consumidor, presentan una marcada variación estacional a lo largo del periodo de estudio, cuyos precios oscilan en promedio ± 10% esto se debe al periodo de cosecha de la caña de azúcar, pues en México comienza en noviembre y termina en julio del año siguiente (SADER, 2023). Esto genera volatilidad por las circunstancias climáticas de la zafra y factores aleatorios propias del análisis de series de tiempo (Figura 1a). El IE muestra el incremento o disminución porcentual que produce el componente de estacionalidad en cada mes del año. El IE alcanza sus valores máximos en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, coincidiendo con los meses del otoño e inicio del invierno, respectivamente; es decir, son los meses que coinciden con el inicio y término de los ciclos azucareros (Ramos-Sandoval *et al*., 2018) en estos meses el valor del índice fue de 100.7%, 102.2 %. 105.2 %, 104.1 %, 102.3 % y 100.5% respectivamente (Figura 1b).

a) Variación estacional de la serie PAZUCAR



b) Índice estacional de la serie PAZUCAR

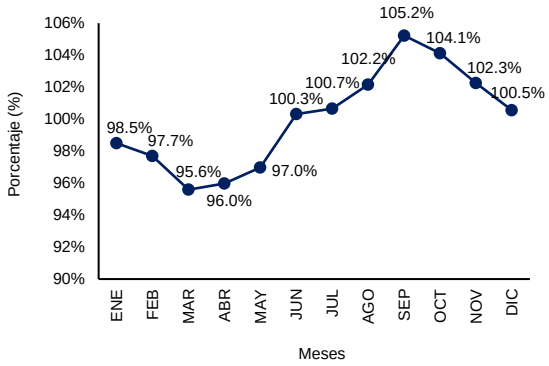


Figura 1. Gráficos de las series de estudio: (a) Variación estacional de la serie original PAZUCAR en (%), 1994 – 2023, (b) Índice estacional de la serie PAZUCAR en (%), 1994 – 2023.

Conclusiones

El análisis de los precios del azúcar estándar en México, indica la presencia del CE, acorde a lo planteado por los componentes del precio de productos agrícolas. La volatilidad de los PAZUCAR tiene efectos nocivos sobre los productores de este endulzante pues el consumo en humanos cada vez tiende a la baja, siendo desplazado por edulcorantes provenientes principalmente de Estados Unidos de América. En el periodo de estudio, se encontró que el precio es competitivo y accesible en el mercado mexicano en el periodo primavera-verano, no así en otoño-invierno pues los precios fluctúan por arriba del promedio en ± 5%.

Agradecimientos y Fuente financiadora

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México por la beca para realizar la Estancia Posdoctoral otorgada a Samuel Luis-Rojas. La investigación fue financiada con los recursos que el Colegio de Postgraduados campus Montecillo le asigna al primer autor como parte de Estancia Posdoctoral. Los resultados son parte de la LGAC Economía agrícola y política pública, del Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática-Economía del Colegio de Postgraduados.

Referencias bibliográficas

CNIAA, Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (2023) Reporte Mensual del Mercado de Azúcar. Ciudad de México. https://www.cniaa.mx/Politica (Agosto, 2024).

CNIAA, Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera (2022) Ficha técnica del Azúcar. Ciudad de México.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114277/Ficha_Tecnica_del_Azucar.pdf (Agosto, 2024).

Martínez Jiménez A y J. A. García-Salazar (2020) Volatilidad de precios en el sector frutícola de México: El caso de la naranja. Acta universitaria, 30: 1-14, https://doi.org/10.15174/au.2020.2513

Ramos-Sandoval, I. N., J. A. García-Salazar, J. A y M. Borja-Bravo (2018) Fluctuaciones estacionales y cíclicas de los precios del azúcar en México. Revista fitotecnia mexicana, 41:317-325. https://doi.org/10.35196/rfm.2018.3.317-325

SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2023) Mantiene México superávit comercial de azúcar de caña. Ciudad de México. https://www.gob.mx/agricultura/prensa/mantiene-mexico-superavit-comercial-de-azucar-de-cana?idiom=es (Septiembre, 2024).

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Héctor Manuel Cortinas-Escobar[1*], Jorge Alberto Acosta-Gallegos[2], Víctor Maya-Hernandez[1], Manuel de la Garza-Caballero[1] y Cruz Alfredo Tapia-Naranjo[3]

[1]Campo Experimental Río Bravo,
[2]Campo Experimental Bajío
[3]Campo Experimental Querétaro,
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
*Autor para correspondencia: cortinas.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: Frijol, tecnología, transferencia.

Introducción

En la región agrícola del norte de Tamaulipas el principal sistema de producción agrícola se basa en los cultivos de sorgo y maíz, de los cuales se siembra una superficie aproximada de 680 mil y 47 mil hectáreas, respectivamente, de acuerdo con la información disponible en el SIAP (2023). Este sistema de producción puede considerarse como un monocultivo de gramíneas que al mantenerse en práctica durante largos periodos de tiempo puede propiciar el establecimiento de plagas y enfermedades que afectan de manera considerable el desarrollo y rendimiento de los cultivos (CERIB-INIFAP, 2013). Este esquema de producción también es propicio para afectaciones en la calidad de los suelos reduciendo su fertilidad y, por ende, afectando el rendimiento de granos. Ante esta situación es recomendable la alternancia de cultivos que incluya gramíneas y leguminosas para evitar el establecimiento de patógenos y mejorar las características de los suelos.

El cultivo del frijol representa una excelente opción para este propósito, ya que ha demostrado su adaptación a las condiciones de suelo y clima regionales y tiene alta demanda en el mercado (Cortinas y Acosta, 2018). Para lograr su incorporación al sistema de producción agrícola regional es necesario incrementar las acciones demostrativas, capacitación y trasferencia de tecnología dirigidas a técnicos y productores interesados. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar acciones de capacitación, difusión y transferencia de la tecnología de producción de frijol, con lo cual se puede contribuir al conocimiento de este cultivo y al incremento de su superficie y producción.

Materiales y métodos

Las acciones de capacitación, difusión y transferencia de tecnología sobre producción de frijol se efectuaron durante el ciclo agrícola primavera-verano (P-V) de 2020 en las instalaciones del Campo Experimental Río Bravo y en algunas localidades del norte de Tamaulipas. Estas actividades formaron parte del proyecto nacional: “Refrescamiento de semilla de frijol”, cuyo principal objetivo fue la producción de semilla de frijol para apoyar la autosuficiencia nacional de esta leguminosa.

Los eventos desarrollados consistieron en: impartición de un curso de capacitación dirigido a técnicos y productores, efectuado en el Campo Experimental Río Bravo, y organización y participación en cuatro demostraciones de campo en las localidades de Rio Bravo (2), San Fernando y Llera, Tamaulipas. En cada uno de estos eventos se transfirió el paquete tecnológico para la producción de frijol, enfatizando la importancia de su aplicación para lograr los mejores resultados. Cada uno de los eventos fue difundido entre técnicos y productores y se llevó a cabo un registro de asistencia. Asimismo, se capacitaron tres agentes de cambio, se elaboraron dos videos y una desplegable para apoyar las labores de capacitación. Para difundir todas estas actividades se elaboraron notas informativas que pudieron consultarse en redes sociales de productores, técnicos y público en general.

Resultados y discusión

Con respecto a las acciones de transferencia de tecnología, se realizó un curso de capacitación el 22 de octubre de 2020 sobre los: “Aspectos tecnológicos para la producción de frijol en el ciclo P-V del norte de Tamaulipas”, en el Campo Experimental Río Bravo, con la asistencia de 14 productores y técnicos.

También se participó en la organización y desarrollo de las siguientes demostraciones de frijol:

1) “Demostración de la tecnología de producción de grano y semilla de frijol en el ciclo P-V del norte de Tamaulipas”, efectuada el 09 de noviembre de 2020 en Río Bravo, Tamaulipas, con asistencia de 20 productores y técnicos. El productor cooperante fue el Ing. Gilberto Rodríguez García, en el

predio sembrado con frijol localizado en el km 55.5 de la Carretera Matamoros-Reynosa, Río Bravo, Tamaulipas (25°56`47.43" N, 97°57`16.46" O).

2) Demostración: "Producción de semilla de frijol para México", efectuada 12 de noviembre de 2020 en el Sitio Experimental Llera, localizado en el municipio de Llera, Tamaulipas (23°18'47.6" N, 98°58'32.8" O), organizada por el M.A. Manuel de la Garza Caballero y con asistencia de 26 productores, técnicos y funcionarios.
3) "Demostración de la tecnología de producción de grano y semilla de frijol en el norte de Tamaulipas", realizada el 19 de noviembre de 2020 en el municipio de San Fernando, Tamaulipas, con asistencia de 12 personas, entre productores y técnicos, El productor cooperante fue el C. Héctor García Villegas, en el predio sembrado con frijol localizado en el Ejido Santa Rita, municipio de San Fernando, Tamaulipas (25°02`15" N, 97°49`11" O).
4) "Demostración de tecnología de producción de grano y semilla de frijol", efectuada el 20 de noviembre de 2020 en Río Bravo, Tamaulipas, con asistencia de 11 productores y técnicos. El evento se realizó en el Rancho El Morueco, propiedad del Ing. Leonardo Morales Esparza y localizado en la terminación de la Brecha 105, Río Bravo, Tamaulipas (26°02`05" N, 98°08`44" O).

Por otro lado, se realizaron dos videos informativos sobre la tecnología de producción de frijol. El primero sobre fecha de siembra, variedades, fertilización e inoculación de la semilla, y el segundo sobre control de maleza y clorosis, los cuales fueron difundidos localmente en redes sociales de productores agrícolas.
También se elaboró el tríptico: "Tecnología para producir frijol de temporal en el norte de Tamaulipas", para su difusión entre técnicos y productores de la región.
Se capacitaron tres profesionistas del sector: Ing. Jaime Lira Arellano, Ing. Jesús Espinosa Castro e Ing. Nicolás Gutiérrez López, en el tema: "Tecnología de producción de grano y semilla de frijol en el ciclo de tardío (P-V) del norte de Tamaulipas", durante el periodo del 01 de septiembre de 2020 al 30 de noviembre del 2020.
Con respecto a difusión, se elaboraron tres notas informativas de los eventos realizados, de las cuales dos fueron publicadas en Facebook y en la página web del INIFAP, los días 11 y 24 de noviembre de 2020. De acuerdo al reporte del Departamento de Promoción y Comunicación del INIFAP, al día 22 de enero de 2021, estas notas tuvieron un impacto de 2114 y 3493 personas alcanzadas, respectivamente. Se ha estimado que la información de estas notas, en conjunto con otras elaboradas dentro del proyecto "Refrescamiento de semilla de frijol", llegó a más de 17 mil personas, causando un interés sobresaliente en la red social.
En todas las actividades de capacitación, difusión y transferencia de tecnología se presentó evidencia de que es posible obtener rendimientos económicamente redituables utilizando las variedades Negro Jamapa y Negro Huasteco-81, y aplicando el paquete tecnológico generado por el INIFAP (Pérez y Cortinas, 1994), lo cual representa una alternativa agrícola rentable para el norte de Tamaulipas.

Conclusiones

Mediante las acciones desarrolladas sobre capacitación, difusión y transferencia de la tecnología de frijol, los productores y técnicos de la región agrícola de Tamaulipas tuvieron evidencia de que es factible obtener buen desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol, cuando se aplica el paquete tecnológico desarrollado por el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP.

Agradecimientos y fuente financiadora

Proyecto: Refrescamiento de semilla de frijol.

Referencias bibliográficas

CERIB-INIFAP. 2013. Informe técnico del proyecto: Demandas de investigación y validación de tecnología de productores agrícolas organizados del norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo. INIFAP.

Cortinas E.H.M. y Maya H.V. 2020. Tecnología para producir frijol de temporal en el norte de Tamaulipas. Desplegable para productores No. 43. Campo Experimental Río Bravo. CIRNE. INIFAP.

Cortinas E.H.M. y Acosta G.J.A. 2018. Evaluación de variedades de frijol pinto y negro en el norte de Tamaulipas. Trabajo en extenso publicado en la Memoria de la XXX Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México. Septiembre de 2018. Pp. 89-93.

Pérez, G.P. y Cortinas E.H.M. 1994. Guía para cultivar frijol en el Norte de Tamaulipas, INIFAP-CIFAP-TAM. Río Bravo, Tamaulipas, México. Folleto para productores No.6.

SIAP. 2023. SIAP.gob.mx. Consulta realizada el 15 de mayo de 2025.

UNA ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO UNITARIO DE LA PLANTA DE SOYA

Moisés Alonso-Báez[1]*, Manuel Grajales-Solís[1], Guillermo López-Guillén[1], Biaani Beeu Martínez-Valencia[1]

[1]Campo Experimental Rosario Izapa, CIRPAS, INIFAP.
*Autor para correspondencia: alonso.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ramas, vainas, coeficiente de determinación.

Introducción

Esta investigación tuvo su origen en la importancia del cultivo de soya en el Soconusco, Chiapas, región pacífico sur de México; donde actualmente se siembra una superficie de soya de 14,000 ha bajo el régimen hídrico de temporal. Lo anterior, porque las condiciones edafo-climáticas vigentes, contribuyen a que el cultivo de soya exprese y alcance su rendimiento máximo posible en función de la pluviometría estacional (Whigham, 1983; McLean y Brown, 1984; Fageria *et al*., 1991; Voguel *et al*., 2021); ya que en esta zona el periodo lluvioso es de seis meses (mayo-octubre), cuya magnitud de la precipitación histórica anual durante este periodo es de aproximadamente 900 mm, magnitud que cubre satisfactoriamente los requerimientos hídricos del cultivo de 500 mm. El cultivo de soya en esta región evidencia su relevancia económica desde 1975 a la fecha; por otra parte, en el contexto específico de esta investigación, la planta de soya posee atributos de interés que incitan a conocer la relación de su rendimiento en función de sus componentes de rendimiento (peso de semillas, número de ramas, vainas, etc.), lo anterior, para identificar cuáles de estos caracteres de la planta son los más importantes para predecir su rendimiento (Hall, 1980; Desclaux *et al*., 2000); y, entre otros propósitos, estos caracteres conllevan a seleccionar genotipos de soya que, de acuerdo con la morfometría de la planta, éstos puedan ubicarse en los sitios idóneos para su establecimiento comercial. En el ámbito señalado, el uso de ecuaciones o modelos matemáticos en la agricultura, aunque ha sido un campo poco afrontado para inferir en la simplicidad de algunos problemas que regularmente se suscitan en este contexto; algunas veces estas ecuaciones aplicadas sólo pueden surgir cómo una curiosidad científica, sin embargo, las ecuaciones ayudan a comprender objetivos reales; entre estos, a partir de sus componentes productivos, número de ramas, número de vainas, etc. (Liu *et al*., 2010), ya que, es bien conocido que estos componentes guardan estrecha relación con el rendimiento potencial (Pereyra *et al*., 2019). De acuerdo con esta aseveración, surgió el planteamiento de formular un modelo de regresión lineal múltiple (MRLM), donde el rendimiento unitario de la planta fue denotado variable dependiente (Y), y los componentes de la planta las variables independientes o regresoras del modelo (Xi). A partir de esta premisa, se realizó esta investigación cuyo objetivo fue determinar una ecuación de predicción del rendimiento unitario de la planta soya en función de sus componentes de rendimiento.

Materiales y métodos

La información se acopió de dos sitios experimentales: San Antonio y 1° Sección Tinajas (2023); ambos, pertenecientes al municipio de Tapachula, Chiapas, región pacífico sur de México; ubicados entre las coordenadas 14° 45´ N y 92° 23´ O, a una altitud de 16 m y 18 m. El clima es cálido subhúmedo, cuya temperatura promedio es de 28 ± 1 °C y la precipitación acumulada promedio anual es de 900 mm y 1000 mm. Los suelos con base en su textura fueron de tipo franco y franco limoso, respectivamente; el pH fue de 6.6 y 6.3, ligeramente ácidos y contenidos de materia orgánica de 2.5% y 2.4%. Los experimentos consistieron de tres tratamientos: subsolado, barbecho y rastreo, de 0.50 ha cada uno y se alojaron como parcelas independientes. Se sembró la variedad de soya Huasteca 600 generada en el Campo Experimental Huastecas del INIFAP en Tamaulipas. Cuando el cultivo alcanzó su etapa reproductiva, R8, (vainas secas) próximo a su cosecha; al interior de los tratamientos de manera aleatoria se seleccionaron 50 plantas. A cada planta, se les midió su altura (ALTP), se les contó el número de ramas (NRAM), nudos (NNUD), número de vainas (NVA), número de vainas con un grano (VCUG), dos granos (VCDG) y tres granos (VCTG); después se trilló cada planta y se pesó el grano (PG; g), éste fue ajustado a 14% de humedad. Con base en esta información se construyó una matriz numérica con los componentes mencionados en función del peso del grano; y el peso del grano en función de las variables (componentes

de la planta) fue sometido a su análisis mediante un modelo de regresión lineal múltiple (MRLM). La estructura del modelo de regresión lineal múltiple (MRLM), supone que la función de regresión que relaciona la variable dependiente (Y=PG) con las variables independientes (Xi= componentes de la planta) es lineal (Ecuación (1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_p x_p + \varepsilon \quad (1)$$

Dónde: β_0, es el término independiente, valor esperado de Y cuando $x_1,\ldots,x_p$ son cero; β_1, $\beta_2,\ldots,\beta_p$ son los coeficientes parciales de la regresión; β_1, mide el cambio en Y por cada cambio unitario en x_1, cuando x_2, $x_3,\ldots,x_p$ se mantienen constantes; asimismo, $\beta_2,..,\beta_p$, miden el cambio en Y por cada cambio unitario en x_2, cuando x_1, $x_3,\ldots,x_{p-1}$, se mantienen constantes; y , ε, es el error debido a variables no controladas.

Por otra parte, todos los modelos de regresión, lineal simple, múltiple o no lineal deben cumplir una serie de "supuestos" a fin de que las predicciones del modelo resulten insesgadas (Vilá *et al*., 2019). Sobre esta base se tiene: 1). Homocedasticidad, 2). Linealidad, 3). Distribución normal de los residuos; es decir, con media cero y sin que existan valores extremos, ya que se viola la condición de normalidad, 4). La no observación de influyentes o atípicos, 5). Independencia, las observaciones deben ser independientes unas de otras; los residuos no deben mostrar un patrón o tendencia alguna, y 6). No Colinealidad (multicolinealidad). En relación con este supuesto (multicolinealidad), algunas herramientas permiten detectar este problema; entre éstos, el factor de inflación de la varianza (FIV) y de tolerancia (T); sí el criterio de FIV = 1, significa ausencia total de colinealidad; sí, 1 <FIV< 5, la regresión puede verse afectada por cierta colinealidad; y sí, 5 <FIV< 10, la regresión presenta problemas. Con respecto a la tolerancia [T=1/VIF], esta oscila entre 1 y 0.1 (Hernández *et al*., 2005; De la fuente, 2011; Vilá *et al*., 2019). Cuando FIV>10 y T<1.0, aunque el coeficiente de determinación, R^2 = 0.90., existe multicolinealidad. Asimismo, este coeficiente (R^2), es una medida de la bondad del ajuste en el modelo de regresión lineal múltiple. Cuando R^2 = 1, la relación es exacta entre la respuesta (Y) y las k variables regresoras (X_i); sí R^2 = 0, β_0 = ŷ, y β_1= . . . = β_k = 0. No existe relación lineal entre, Y, y las variables regresoras, X_i (Vilá *et al*., 2019).

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los valores de la muestra (N=50), matriz de componentes numéricos de rendimiento de la planta de soya, a partir de los cuales se determinó el modelo de regresión lineal múltiple (MRLM). Estos valores, fueron sometidos a su análisis mediante un modelo de regresión lineal múltiple, advirtiendo que dicho análisis se enmarcara en los supuestos que validan su bondad de ajuste en función de los cánones correspondientes. Los resultados de la regresión bajo el modelo estadístico propuesto (MRLM), produjo la Ecuación 2, este modelo soportado en los supuestos que lo definen aceptable (VIF ≈ 1; y T<1.0), se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Matriz de valores: componentes de la planta de soya, cultivar Huasteca 600 (N=50) en función del peso de grano (PG). Ciclo de producción: PV-2023.

No	ALTP	NNU	NRA	NVA	NVUG	NVDG	NVTG	PG
1	77	14	8	103	9	69	25	19.9
2	103	17	17	235	12	42	181	73.3
3	108	9	7	60	3	31	26	21.1
4	80	12	8	95	7	35	53	26.8
5	112	14	12	133	11	69	53	36.9
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
48	45	12	8	134	37	60	37	22.9
49	85	13	8	166	27	96	43	28.5
50	67	11	7	117	17	49	51	25.5

PG = -7.0035+0.1132*ALTP+0.2921*NVDG+0.2868*NVTG (2)

R^2 =0.933

Este modelo de RLM, soportado en los supuestos que lo validan, confirmaron su ajuste correcto, de acuerdo con su coeficiente de determinación, R^2 = 0.933, el cual indica su bondad de ajuste habilitado para estimar el rendimiento unitario de la planta de soya (PG) en función de los componentes de la planta: altura de la planta (ALTP), número de vainas con dos granos (NVDG) y número de vainas con dos granos (NVTG).

Cuadro 2. Supuestos que validan la aceptación del modelo: estadísticos de no multicolinealidad.

	ALTP	NVDG	NVTG
Tolerancia	0.998	0.992	0.994
VIF	1.002	1.008	1.006

De este modo, el presente MRLM para este escenario y similares, permite hacer estimaciones sobre el rendimiento unitario de la planta de soya. Un proceso siguiente reveló que, el MRLM, soportado en el coeficiente de determinación, se validó a través de los valores los observados con respecto a los valores estimados por el modelo, y el mismo reveló buen ajuste, confirmado mediante su coeficiente de regresión lineal, R^2= 0.937, el cual se presenta en la Figura 1. Señalado lo anterior, los resultados en este estudio, confirmaron que el procedimiento analítico utilizado y validado, produjo el modelo determinado de RLM, el cual se enmarcó en el contexto de la hipótesis planteada para este propósito.

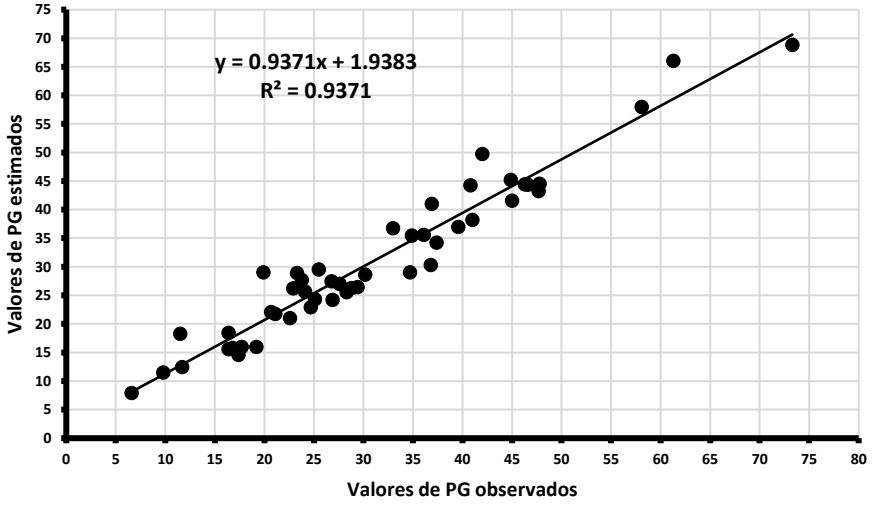


Figura 1. Resultados de validación del MRLM en función de valores observados vs valores estimados.

Conclusiones

Se determinó que los componentes de rendimiento de la planta de soya: altura de planta, número de vainas con dos granos y número de vainas con tres granos, son esenciales para estimar su rendimiento unitario.
Se determinó un MRLM el cual es estadísticamente aceptable de acuerdo con los parámetros establecidos que permite estimar el rendimiento unitario de la planta de soya

Referencias bibliográficas

Calvino, P.A., y Sadras, V. O. 1999. Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. Field Crops Res. 63: 237-246.

Chan Fu Wei, Marcelo y Molin, Jose. 2020. Soybean Yield Estimation and Its Components: A Linear Regression Approach. Agriculture. 10. 348. 10.3390/agriculture10080348.

Whigham DK, Bharati MP. 1983. Soybean sole cropping and intercropping in Temperate and Subtropical Environments. In soybean in Tropical and Subtropical Cropping Systems. Proceedings of a symposium Tsukuba, Japan. pp. 137-147

McLean, E.O., y J.R. Brown. 1984. Crop response to lime in the midwestern United States. p. 267–303. In F. Adams (ed.) Soil acidity and liming. 2nd ed. Agron. Monogr. 12. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

ESTUDIO SOBRE ADOPCIÓN DE INNOVACIONES INIFAP EN EL CULTIVO DE NARANJA EN SAN LUIS POTOSÍ

Hipólito Castillo-Tovar[1]*, Francisco Santiago-Hernández[2], Florencia Alejandro-Allende[1] y Mauricio Velázquez-Martínez[2]

[1]C.E. Río Bravo, CIRNE, INIFAP; [2]C.E. San Luis, CIRNE, INIFAP.
*Autor para correspondencia: castillo.hipolito@inifap.gob.mx

Palabras clave: Adopción, innovaciones, naranja.

Introducción

La Fundación UNAM y otras instituciones describen a México como un país tradicionalista, que constituye un tesoro cultural que emana de las diversas expresiones de nuestros pueblos, experiencias que se transmiten de una generación a otra y trascienden de lo material a lo intangible a través de un vínculo entre el pasado y el presente, trasmitiendo con ello el sentido de pertenencia e identidad a las personas que conforman una comunidad. Lo anterior está muy arraigado en el campo mexicano, donde muchos de los conocimientos utilizados por los campesinos provienen de sus ancestros, por ello es necesario medir periódicamente el nivel de adopción de innovaciones, lo cual permite evaluar la pertinencia de cada una de ellas, así como las oportunidades de innovación que pueden existir (Pérez-Guel *et al*., 2016). En San Luis Potosí el cultivo de naranja es muy importante, el SIAP (2024) reportó que en el 2023 la superficie cosechada fue de 31,945 ha, un rendimiento promedio de 10.75 t ha^{-1} y una producción de 343,302 t, generando un valor de la producción de $1,348 millones. El estado generalmente ocupa el tercer lugar a nivel nacional en producción, después de Veracruz y Tamaulipas, donde se han implementado acciones de transferencias tecnológicas para la producción de naranja por parte del INIFAP; sin embargo, se desconocen los niveles de adopción de las innovaciones sugeridas.

Objetivo

Cuantificar la adopción de innovaciones para la producción de naranja en San Luis Potosí mediante la estimación del Índice y la Tasa de Adopción de Innovaciones (InAI y TAI).

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó en el área citrícola de San Luis Potosí, específicamente en los municipios de Axtla de Terrazas, Tamazunchale y Tampacán. La investigación fue de tipo no experimental transeccional descriptiva y con base en las innovaciones descritas en el paquete tecnológico del cultivo de naranja, generado por el INIFAP en el Campo Experimental San Luis, se elaboró una encuesta semiestructurada que fue aplicada a 62 productores de naranja durante 2022 y 2023, seleccionados mediante muestreo dirigido que fueran productores de naranja y que aceptaran ser entrevistados. Con la información obtenida en las encuestas se obtuvieron características generales del productor y de las unidades de producción, así como los Índice de Adopción de Innovaciones (InAI) y la Tasa de Adopción de Innovaciones (TAI), utilizando la metodología propuesta por Muñoz *et al*. (2007) y Aguilar *et al*. (2020), donde las categorías consideradas fueron: a) Labores previo a la plantación, b) Siembra, c) Labores de cultivo rutinarias, d) Nutrición, e) Sanidad y f) Manejo sustentable.

Las innovaciones agrupadas por categoría fueron: a.01 Limpia y desvare; a.02 Subsoleo; a.03 Barbecho, rotura o paso de arado; a.04 Rastra; a.05 Nivelación; a.06 Trazo de huerto; b.07 Variedades (Marrs, Valencia, Olinda y Campbell); b.08 Densidad de siembra (312 árboles/ha; de 555 a 830 árboles/ha; y Sierra Huasteca: 250-357); b.09 Uso de plantas de vivero; c.10 Rastreo; c.11 Chapoleo; c.12. Aplica riego; c.13 Realiza podas de mantenimiento; c.14 Realiza podas de rejuvenecimiento; c.15 Recolecta fruta caída; d.16 Realiza análisis nutricional de suelo o planta; d.17 Fertilización recomendada de N (80-100 unidades); d.18 Fertilización recomendada de P (80 unidades); d.19 Fertilización recomendada de K (35 unidades); d.20 aplica fertilización foliar; e.21 Realiza control químico de maleza; e.22 Realiza control químico de plagas; e.23 Realiza control químico de enfermedades; e.24 Realiza podas de saneamiento; f.25 Aplica fertilización orgánica; f.26 Realiza control mecánico de malezas; f.27 Realiza control orgánico/biológico de plagas; f.28 Utiliza trampas para control de plagas; f.29 Realiza control biológico de enfermedades.

Resultados y discusión

El 85 % de los productores de naranja entrevistados fueron hombres y el 15% mujeres con una edad entre 39 y 84 años, en promedio 61.6 años. En cuanto al nivel educativo, el 34% tiene estudios de primaria, 47 % de secundaria, 5 % preparatoria, 5 % cuenta con estudios profesionales y 10 % sin estudios. Estas variables son de importancia, ya que como señala Borja *et al*. (2016), la edad y la escolaridad influyen significativamente en la adopción de nuevas tecnologías. En relación a la experiencia en la producción de naranja, cuentan con un promedio de 32 años, de los cuales el 21 % se ubicó en un rango de 1 a 20 años, 66 % de 21 a 40 años y 13 % entre 41 a 60 años. El 100 % de los productores entrevistados en el área de estudio tienen establecidos huertos de naranja en predios propios y bajo condiciones de temporal; la superficie establecida es entre 0.75 a 7.0 ha, con un promedio de 2.7 ha; sin embargo, la superficie más frecuente es de 2 ha. De acuerdo con la Figura 1, los productores de naranja adoptaron 100% las recomendaciones de limpia y desvare, igualmente en variedades, en su mayoría utilizan la variedad Valencia, así también, mencionaron que utilizan plantas de vivero (98.3 %) y el uso de densidades recomendadas (79.0 %); otras innovaciones fueron relacionadas a la categoría labores de cultivo rutinarias, el chapoleo (96.7 %) y podas de mantenimiento (91.9%); y otra como el control mecánico de malezas (82.2 %). Estos son importantes para obtener una producción rentable, pero es contrastante con las innovaciones menos adoptadas, que se encuentran dentro de las categorías de nutrición y sanidad, situación que vulnera la productividad y calidad de la fruta.

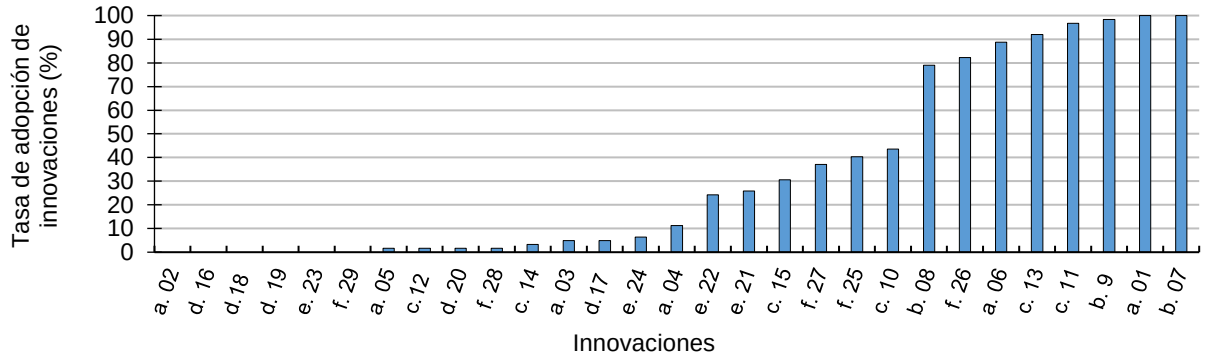


Figura 1. Tasa de adopción de innovaciones (TAI) de los productores de naranja de San Luis Potosí.

En la Figura 2, de las categorías que sobresale por su adopción, son las relacionadas con la siembra y labores de cultivo rutinarias, lo cual es básico para asegurar la calidad genética de la planta, la sanidad y adaptación regional, así como proporcionar las condiciones adecuadas durante el desarrollo y producción. Por otro lado, las categorías con menos adopción son las relacionadas a la nutrición y sanidad, lo cual está relacionado con baja producción por superficie y los problemas fitosanitarios como el Huanglongbing (HLB), enfermedad ocasionada por la bacteria *Candidatus liberibacter* spp.; los efectos de dicha plaga pueden aminorarse aplicando componentes nutricionales a la huerta y realizando aplicaciones químicas para el control del vector principal *Diaphorina citri* Kuwayama (psílido asiático).

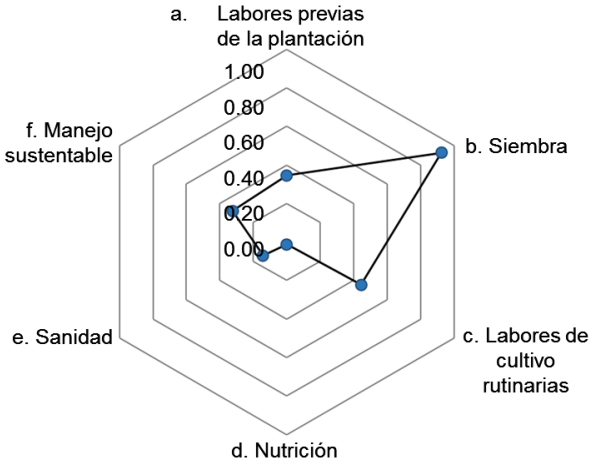


Figura 2. Adopción de innovaciones por categoría de los productores de naranja de la Huasteca Potosina.

En cuanto al InAI, el 100% de los productores de naranja adoptaron innovaciones por debajo del 50%, ya que existe un productor que adoptó más innovaciones, con un valor de InAI de 49%, mientras que el menos innovador sólo realizó el 26%, generando una brecha de innovación de 23 % (Figuras 3).

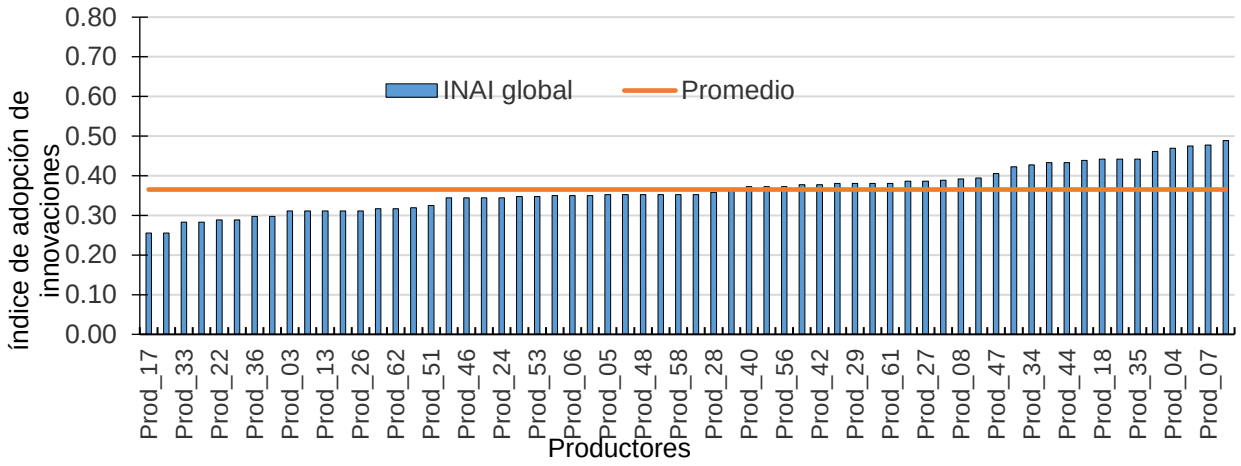


Figura 3. Índice de adopción de innovaciones (InAI) de los productores de naranja de San Luis Potosí.

Conclusiones

Las innovaciones con mayor adopción fueron las relacionadas con siembra y labores de cultivo rutinarias, ya que la mayoría de los productores implementan innovaciones en el uso de variedades y densidades recomendadas, utilizan plantas de vivero, podas de mantenimiento y en el control de maleza mediante el chapoleo y el control mecánico. Sin embargo, las innovaciones menos adoptadas fueron prácticas relacionadas a nutrición y sanidad. Estos resultados nos permiten implementar acciones de capacitación y asistencia técnica orientada hacia las innovaciones menos adoptadas. De acuerdo al Índice de Adopción de Innovaciones, existen productores que presentan dificultades para hacer uso de innovaciones, debido a diversos factores, entre ellos el económico, que les impide ser competitivos en la producción de naranja.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al INIFAP por el financiamiento del proyecto con número de SIGI 11334535380, titulado “Estimación de la Adopción de Innovaciones INIFAP en el noreste de México”; al Dr. Roberto Rendón Medel, Profesor-Investigador del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (*CIESTAAM*) de la Universidad Autónoma Chapingo, por la orientación técnico-metodológica durante el desarrollo de esta investigación; y al Ing. Antolín Gaspar Campos, Jefe del CADER O4 Tamazunchale, por el apoyo en la logística para el levantamiento de las encuestas.

Referencias bibliográficas

Aguilar Á.J., Martínez G. E.G., Aguilar G.N. y Altamirano C. J.R. (2020). Análisis de procesos de innovación en el sector agroalimentario y rural. Metodologías y herramientas para la investigación, V8. México: Universidad Autónoma Chapingo.

Borja, B. M., Reyes, M. L., García, S. J. A. y Almeraya, Q. S. X. (2016). Tipología de productores de uva (*Vitis vinífera* L.) en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. https://doi.org/10.29312/remexca.v7i2.341.

Muñoz R.M., Aguilar Á.J., Rendón M.R. y Altamirano C.J. (2007). Análisis de la dinámica de innovación en cadenas agroalimentarias. México: Universidad Autónoma Chapingo. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Chapingo, Edo. de México.

Pérez-Guel R.O., Martínez-Bautista H., López-Torres B.J. y Rendón-Medel R. 2016. Estimación de la adopción de innovaciones en la agricultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 15:2909-2923.

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/. Consultado en mayo de 2025.

ANÁLISIS DE LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA EN MAÍZ EN LA REGIÓN SUR SURESTE DE MÉXICO

Rafael Rodríguez-Hernández[1]*, Pedro Cadena-Iñiguez[2] y Mariano Morales-Guerra[1]

[1]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, CIRPAS, INIFAP, [2]Campo Experimental Centro de Chiapas, CIRPAS, INIFAP.
*Autor para correspondencia: rodriguez.rafael@inifap.gob.mx

Palabras clave: Producción, consumo, dependencia, rendimiento, maíz.

Introducción

La autosuficiencia alimentaria es la capacidad de producir los alimentos que precisa una nación, una región o un hogar, es una condición bajo la cual las necesidades alimenticias son cubiertas y satisfechas mediante la producción local (Martínez, 2016), dicha condición se logra cuando la producción es igual o superior al consumo, por el contrario, cuando la producción no logra abastecer la demanda, el país o región se ubica en una situación de dependencia alimentaria. El maíz es el principal alimento de los mexicanos ya que, representa el componente más importante de la dieta diaria, principalmente en forma de "tortillas", aunque existe una amplia variedad de otras formas culinarias de consumo. En los últimos años México ha desarrollado una dependencia a las importaciones de este grano lo que implica una posición desfavorable ante cambios exógenos, por lo que el concepto autosuficiencia alimentaria ha cobrado especial relevancia en la política actual. Según datos de USDA citados por Miller Magazine (2023), en el ciclo 2022/23 se importaron 17.3 millones de t de maíz, principalmente amarillo. El consumo total (incluyendo el consumo animal) fue de 44.3 millones de t y la producción nacional de 27.4 millones de t, así que la producción nacional no logró cubrir el consumo. La región sur sureste de México es importante porque en ella se concentran 28.9 millones de habitantes y cuenta con amplia disponibilidad de recursos naturales. El objetivo de este trabajo fue analizar la situación de la autosuficiencia alimentaria en maíz para consumo humano en la región sur sureste y determinar la producción y rendimientos necesarios para alcanzarla.

Materiales y métodos

La región sur sureste comprende los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, Tabasco y Yucatán (Figura 1), tiene un clima predominantemente cálido, abundantes recursos naturales, agua y una gran biodiversidad; Su población representa el 28 % del total nacional, la cual se encuentra distribuida de forma dispersa, en zonas principalmente rurales e indígenas.



Figura 1. Localización de la región sur sureste de México

Se consultaron estadísticas del SIAP (2023) respecto a superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento. El consumo humano se estimó tomando en cuenta el número de habitantes reportado por el INEGI (2020) por entidad federativa, dato que se multiplicó por el consumo per cápita anual de 196.4 kg reportado por Portillo *et al*. (2023).

$$CH = Hab \times 196.4$$

Donde: CH = Consumo humano, Hab = Número de habitantes.

El consumo humano a nivel de región fue la sumatoria del consumo humano de cada estado.

$$CHT = \sum_{i=1}^{n} CH1 + CH2 + CH3 + \cdots CHn$$

Donde: CHT = Consumo humano total, CH = Consumo humano en el estado n, n = Número de estados pertenecientes a la región.

De acuerdo con García-Salazar *et al*., (2023), se estimó el Índice de Dependencia Alimentaria (IDA) por cada entidad federativa y a nivel región, para ello se dividieron las importaciones (que en nuestro caso fue el déficit) sobre el consumo total anual en el año a multiplicado por 100; esto es:

$$IDA_a = (D_a/CT_a)100$$

Donde: IDA = Índice de dependencia alimentaria en al año a, D = Déficit de maíz en el año a, CT = Consumo total de maíz en el año a.

En aquellos estados que presentaron dependencia alimentaria, es decir, con déficit de grano, se estimó el rendimiento requerido para alcanzar la autosuficiencia y se plantearon las brechas de rendimiento, para ello se dividió el consumo total en el año a en toneladas entre la superficie de siembra en hectáreas en el año a:

$$RM_a = CT_a/SS_a$$

Donde: RM = Rendimiento meta en el año a en t/ha, CT = Consumo total en el año a en t, SS = Superficie sembrada en el año a en ha.

Resultados y discusión

De acuerdo con SIAP (2023), la producción de maíz en la región sumó un total de 5,754,115.15 t, en dos ciclos productivos: otoño-invierno y primavera-verano; la superficie sembrada y cosechada de maíz fue de 2,756,289.88 y 2,688,774.23 ha respectivamente obteniendo un rendimiento promedio de 2.04 t ha^{-1}. Los estados que más aportan a la producción son Guerrero, Chiapas y Veracruz con 1.4, 1.3 y 1.3 millones de t, mientras que los mejores rendimientos unitarios se presentaron en Campeche y Guerrero con 2.96 y 2.83 t ha^{-1}. Los estados que menos producen son Quintana Roo y Yucatán, el primero aporta 78,590 t y el segundo 160,620 t (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción de maíz en los estados que conforman la región sur sureste de México en al año agrícola 2023.

Estado	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha^{-1})
Campeche	179,212.00	179,212.00	530,109.98	2.96
Chiapas	688,085.19	688,085.19	1,327,894.58	1.93
Guerrero	511,732.53	504,240.53	1,425,672.34	2.83
Oaxaca	517,546.88	470,045.73	708,191.74	1.51
Quintana Roo	59,522.00	59,522.00	78,590.13	1.32
Tabasco	89,719.00	89,298.00	179,808.06	2.01
Veracruz	598,901.83	587,121.33	1,343,227.67	2.29
Yucatán	111,570.45	111,249.45	160,620.65	1.44
TOTAL	2,756,289.88	2,688,774.23	5,754,115.15	2.04

Respecto al consumo humano, en el Cuadro 2 se presenta el nivel de consumo por entidad federativa, en donde se observa que el mayor consumo se presentó en Veracruz con más de 1.5 millones de toneladas al año, seguido de Chiapas con 1.0 millones de toneladas. El estado que menos consume maíz fue Campeche con solamente 182 mil toneladas. El consumo humano total en la región alcanzó 5,679,318.83 t de grano, realizado por una población total de 28,917,102 habitantes. Tres estados fueron superavitarios, Guerrero, Chiapas y Campeche, quienes producen lo suficiente para cubrir su consumo y tienen excedentes. El estado con mayor superávit fue Guerrero con más de 700 mil toneladas. Cinco estados fueron deficitarios en su producción, destacando Yucatán con un déficit de 307 mil toneladas, seguido de Tabasco con 292 mil toneladas. En forma general la región sur sureste produjo el maíz que consumió la población ya que su producción fue de 5,754,115.15 t, mientras que el consumo humano estimado fue de 5,679,318.83 t, con un superávit de casi 75 mil toneladas anuales. En cuanto al IDA, el estado que presentó la mayor dependencia alimentaria en maíz para consumo humano fue Quintana Roo con un IDA de -78.46 %, seguido de Yucatán con -65.68 %. Guerrero, Chiapas y Campeche presentaron un IDA positivo, es decir, no presentan dependencia alimentaria en maíz. La producción de estos estados permitió que la región en general presente un IDA de 1.32 %, es decir no presenta dependencia alimentaria en maíz.

El rendimiento promedio de la región fue suficiente para cubrir el consumo de maíz, sin embargo, a nivel estado resalta Quintana Roo que requiere un incremento de 4.81 t ha^{-1}, es decir, pasar de un rendimiento actual de 1.32 t ha^{-1} a 6.13 t ha^{-1} y Tabasco con una brecha de rendimiento de 3.25 t ha^{-1} que implica pasar de un rendimiento actual de 2.01 t ha^{-1} a 5.26 t ha^{-1}(Cuadro 3).

Cuadro 2. Consumo humano, producción, déficit e Índice de Dependencia Alimentaria (IDA) de maíz por estado en la región sur sureste de México.

Estado	Producción (t)	Población (habitantes)	Consumo humano (t)	Déficit o superávit (t)	IDA (%)
Campeche	530109.98	928363	182330.49	347779.49	190.74
Chiapas	1327894.58	5543828	1088807.82	239086.76	21.96
Guerrero	1425672.34	3606733	708362.36	717309.98	101.26
Oaxaca	708191.74	4132148	811553.87	-103362.13	-12.74
Quintana Roo	78590.13	1857985	364908.25	-286318.12	-78.46
Tabasco	179808.06	2402598	471870.25	-292062.19	-61.89
Veracruz	1343227.67	8062579	1583490.52	-240262.85	-15.17
Yucatán	160620.65	2382868	467995.28	-307374.63	-65.68
Total	5754115.15	28917102	5679318.83	74796.32	1.32

Cuadro 3. Brechas de rendimiento para la autosuficiencia en maíz en la región sur sureste.

Estado	Rendimiento actual (t ha^{-1})	Rendimiento meta (t ha^{-1})	Brecha de rendimiento (t ha^{-1})	Brecha de rendimiento (%)
Campeche	2.96	-	-	-
Chiapas	1.93	-	-	-
Guerrero	2.83	-	-	-
Oaxaca	1.51	1.57	0.06	3.85
Quintana Roo	1.32	6.13	4.81	364.44
Tabasco	2.01	5.26	3.25	161.66
Veracruz	2.29	2.64	0.35	15.46
Yucatán	1.44	4.19	2.75	191.29

Conclusiones

En términos agregados, la región sur sureste de México fue autosuficiente en maíz para consumo humano por la superficie sembrada y el rendimiento promedio logrados, sin embargo, existen estados deficitarios en donde la producción no logra cubrir el consumo como Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, quienes presentan marcada dependencia alimentaria mientras que los estados de Campeche, Guerrero y Chiapas resultaron superavitarios ya que su producción superó al consumo.

Referencias

García-Salazar J.A., R. Ramírez J., E. Avila S. y B.A. Ramírez B. (2023). ¿Es posible disminuir la dependencia alimentaria de maíz en México? Revista Fitotecnia. Mexicana, 46 (3): 299-307.

INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda. México.

Martínez S.L. (2016). Seguridad alimentaria, autosuficiencia y disponibilidad del amaranto en México. Revista Problemas del desarrollo, 186(47): 107-132.

Miller magazine. (2023). El mercado de grano de México. Revista Molinero, No. 24 (julio-agosto). Recuperado el 12 de abril 2024 en https://millerspanish.com/blog/el-mercado-de-grano-de-mexco-558.

Portillo V.M., D. Ma. Sangermán J., y K. Pérez R. 2023. Creación de regiones agrícolas altamente especializadas en el cultivo maíz Estudio de caso: Sinaloa, Sonora, Nayarit y Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(2): 303-309.

SIAP. (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. México.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA ESTIMAR GRADOS DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍA AGRÍCOLA

Mariano Morales-Guerra[1*], Pedro Cadena-Iñiguez[2], Venancio Cuevas-Reyes[3]

[1]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP. [2]Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP. [3]Campo Experimental Valle de México, INIFAP.
*Autor para correspondencia: morales.mariano@inifap.gob.mx

Palabras clave: Adopción, transferencia, capacitación.

Introducción

En los procesos de promoción del desarrollo rural, es común llevar a cabo acciones de capacitación y difusión, giras de intercambio de experiencias, incluyendo las demostraciones de campo que son usuales en la investigación agrícola con el propósito de fomentar el uso de diversas tecnologías. Sin embargo, normalmente, no se consideran estudios ni presupuestos para llevar a cabo estudios de adopción de tecnologías y, tampoco están disponibles metodologías para el desarrollo de los mismos. Lo anterior es de alta relevancia toda vez que los estudios de adopción, ya sea en etapas intermedias, de Conclusiones o años después de la terminación de los proyectos, brindaría información de gran importancia para el escalamiento y mayor uso de tecnología con los productores. Ante esta problemática, el objetivo del estudio consiste en describir una propuesta metodológica para realizar estudios para estimar adopción de tecnología agrícola entre productores.

Materiales y métodos

El cambio tecnológico en el sector rural implica la toma de decisiones y participación de diferentes actores, ante esto surgen preguntas orientadoras para la generación implementación y adopción de tecnologías, como las siguientes: ¿Qué características deben de tener las tecnologías que se generan y difunden para ser adoptadas por los productores? y ¿Cómo adoptan los productores las diversas tecnologías?, son interrogantes comunes en el ámbito agrícola, sin embargo, las respuestas no son simples, la adopción de tecnologías es un proceso complejo, en que se vinculan valores, actitudes y comportamiento de los individuos. Diversos modelos y teorías tratan de explicar los interrogantes anteriores.

Respecto a las características e las tecnologías para ser adoptados, el Modelo de adopción de Gatignon y Robertson (1985), citados por Herrero (2005), señalan que la decisión de adoptar una tecnología, está influenciada por tres variables; 1) Las actitudes hacia la misma, y el proceso cognitivo por el cual se conforman, 2) La incertidumbre o riesgo percibido en el nuevo producto o tecnología, 3) los patrones de compra de los consumidores anteriores. En tanto que el Modelo de Aceptación de Tecnología –TAM- (Davis, 1989, citado por Hoyos y Henao, 2022), señala dos aspectos que afectan la adopción; la utilidad percibida, entendida como el grado en que la tecnología representa una ventaja para el individuo, y la facilidad de uso percibida, relacionada con el esfuerzo necesario para el uso de la tecnología, además del factor de anclaje, que proviene de la personalidad de los individuos (propensión). La compatibilidad, que es el grado en que la tecnología coincide con valores existentes para el individuo, considera, además la norma subjetiva, que se explica por la influencia social, así como el control percibido de la conducta, que hace referencia a la capacidad o dificultad percibida por el individuo, para aplicar una tecnología.

El Modelo de Bass (1969) citado por Herrero (2025), señala que la probabilidad de adopción de una innovación en un momento dado, estará condicionado por dos factores 1) La propensión individual (innovador) ante la exposición a una comunicación sobre un nuevo producto, y 2) El efecto de la influencia social. En este sentido, se menciona la Teoría de la Difusión de Innovaciones, de Rogers (1983), quien es pionero en el tema, señala que el proceso de difusión consta de cuatro elementos claves; a) El producto o tecnología, b) El sistema social, c) Canales de comunicación, y d) El tiempo. Específicamente sobre el producto o tecnología, el autor resalta cinco atributos fundamentales;

1. *Ventaja Relativa*; es el grado en que se percibe que una innovación es mejor que la tecnología que reemplaza.
2. *Complejidad*; Percepción del grado de dificultad que supone el uso de la innovación.
3. *Compatibilidad*: es el grado de adaptación de la innovación a sus valores, las habilidades y el contexto del adoptante.
4. *Divisibilidad*; Percepción de que la innovación puede ser experimentada en forma paulatina.
5. *Observabilidad*: Grado en que los resultados de la innovación pueden ser mostrado y comunicados.

De manera general, la decisión de adoptar una innovación está relacionado con; Atributos de las tecnologías, actitudes de los individuos, opinión favorable / desfavorable de terceras personas, control percibido en el comportamiento, propensión a innovar, creencias respecto a los atributos de la tecnología y riesgo percibido, principalmente. Sobre el tema ¿Cómo adoptan los productores las nuevas tecnologías?, Diversos estudios coinciden que las personas pasan por una serie de pasos mentales para llegar a la adopción, incluyendo la propuesta de Rogers (1983), que plantea en su segunda teoría general del proceso de decisión cinco etapas para la adopción:

1. *Conocimiento*; El sujeto está expuesto a la existencia de la innovación y entiende algo de la forma en que funciona.
2. *Persuasión*; El consumidor se forma una actitud favorable o desfavorable hacia la innovación.
3. *Decisión*; El individuo toma la decisión de adoptar o rechazar la innovación.
4. *Implantación*; El consumidor pone en uso la innovación
5. *Confirmación*: El consumidor busca reforzar la decisión de innovación, aunque puede rechazarla, si recibe información contradictoria respecto al producto.

Algunos estudios han cuestionado que no necesariamente se sigue dicho orden, incluso que algunos se obvian. Con esta base, y en referencia estricta a cómo medir la adopción de innovaciones, se ha integrado la siguiente construcción teórica y propuesta operativa del proceso de adopción de tecnología. A partir de la revisión realizada, así como la experiencia obtenida en pruebas sobre adopción de tecnología con pequeños productores rurales, se propone la siguiente metodología.

1. *Nivel de participación en acciones de difusión y capacitación*. Es la exposición de las personas a la información, puede ser de tipo presencial o virtual. Se refiere a capacitaciones en forma de cursos, talleres, giras o visita a otras experiencias, videoconferencias, cursos virtuales, así como el acompañamiento técnico. En esta etapa, el productor, además de conocer las nuevas tecnologías, se inicia el proceso de análisis de la pertinencia para adoptar las nuevas tecnologías.
2. ***Apropiación de conocimientos.*** Se asume que el interés en las nuevas tecnologías se genera por el hecho de participar en las capacitaciones grupales o el acompañamiento técnico, por las cuales se conocen las funciones, es decir, para qué sirve la tecnología, así como el detalle de los ingredientes de la nueva tecnología, el procedimiento, o forma de preparación o de uso de la misma.
3. ***Implementación mediante la práctica individual.*** Se considera el punto nodal de la adopción, al ser la adopción un proceso individual, la práctica personal en su hogar o parcela, representa el momento en que se reflejan y afloran las dudas sobre las dosis, el orden del procedimiento, los materiales que se pueden usar, para cuanto alcanza, etc. Y en consecuencia obtiene los elementos que han de definir la actitud y comportamiento, positiva o negativa para la adopción.
4. *Adopta, hace modificaciones y comparte*. Es el resultado del proceso de exposición a la información, el conocimiento de la misma, pero sobre todo de la prueba individual, en que el productor(a) ya observó en sus propias condiciones, el comportamiento de la nueva tecnología en la producción, cantidad, calidad, u otras características, es decir, ya verificó la ventaja relativa o su utilidad potencial, la complejidad o facilidad para su preparación o uso, así como la compatibilidad con sus medios de vida, por lo que decide la adopción.

Cuando se tiene el conocimiento y dominio de las tecnologías, y de acuerdo a la personalidad de los productores, se presenta la ocasión para probar qué pasa cuando se modifican las dosis o recomendaciones, formas de preparación o uso de la tecnología, esto puede ser en la búsqueda de mejorar los atributos de la tecnología, o bien reducir costos, o tiempo de trabajo, o de mano de obra etc. Una vez dominada la tecnología, si en el contexto hay productores que desarrollan las mismas actividades, es común que los productores innovadores compartan sus conocimientos con otros productores. Se asume que el productor comparte cuando ya tiene la tecnología dominada. De acuerdo con lo descrito, se ha integrado el siguiente orden de evaluación, así como las ponderaciones del aporte de cada aspecto a la totalidad del proceso de adopción, por opinión de expertos. Se considera la adopción con un valor total de 100 %, por lo que se proponen las siguientes ponderaciones:

Cuadro 1. Etapas, conceptos y valoraciones para estimar adopción de tecnologías.

Etapa	Concepto	Puntaje maximo
1	Si participó en las sesiones de difusión / capacitación grupal, giras u otros eventos ofrecidos por los técnicos de CRS en su comunidad.	15
2	Si conoce correctamente la tecnología, las funciones, los componentes de la actividad o ingredientes de la tecnología, así como el procedimiento de preparación o uso de la tecnología.	15
3	Si ha hecho la preparación o uso de la tecnología de forma individual.	30
4	Si lo usa actualmente, lo seguirá utilizando, Si hace modificaciones al proceso o tecnología, y si lo comparte con otros productores.	40
	TOTAL	100

Resultados y discusión

El modelo propuesto se ha aplicado en tres experiencias con grupos de productores participantes en el programa Producción para el Bienestar en las comunidades de San Blas Atempa, Santiago Lachiguiri y San Mateo Piñas, Oaxaca. En los tres casos, bajo diferentes circunstancias de trabajo, el modelo propuesto presentó resultados acordes a la realidad, en un caso, con bajos niveles de adopción (30 %), el técnico del lugar privilegia capacitaciones grupales y tiene pocas visitas a las parcelas. En contraste, el caso con mayores niveles de adopción (60 %), se observó más acompañamiento del técnico con los productores en sus parcelas, lo que favoreció una mayor adopción. Al considerar el estudio de adopción como un proceso, la propuesta planteada, además de identificar el porcentaje o grado de adopción, para los casos en que no se documente la adopción, se tiene la posibilidad de conocer en qué fase del proceso se ubican los productores, incluso si se revisa la adopción de diferentes tecnologías, se puede identificar que tecnologías se están adoptando más y cual etapa es la que requiere de mayor apoyo. Si se observa que los productores se ubican en las fases de participación en difusión y capacitación o de conocimiento, pero no han hecho la prueba individual, es probable que el equipo técnico está concentrando sus actividades en los procesos de capacitación, cumpliendo las metas operativas, número de cursos o de asistentes, pero sin motivar la realización de pruebas individuales, que es la etapa crucial para detonar las adopciones de las tecnologías.

Conclusiones

El modelo para estimar adopción de tecnologías presenta características que permiten su uso en el medio agronómico nacional. Es de fácil aplicación y puede proporcionar elementos para evaluar el proceso y para medir e incrementar la adopción de tecnologías de productores agrícolas.

Agradecimiento y fuente financiadora

El estudio se realizó en el marco de la tecnología Extensionismo rural basado en Escuelas de campo.

Referencias bibliográficas

Hoyos, M. J.A. y Henao T. L.J. 2022. Factores claves en los procesos de adopción de tecnología. Revista de ciencias de la gestión. Núm. 7. Pp. 1-18.

Herrero, C. A. 2005. El proceso de adopción de nuevos sistemas de venta: Aplicación al comercio electrónico entre particulares y empresas. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. 353 p.

Rogers E.M. 1983. Diffusion de innovations. The Free press. Division of Macmillan Publishing Co. 236 p.

INGRESO NETO Y PRODUCTIVIDAD EN EL CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO

Florencia Alejandro-Allende[1]* Alejandra Vélez-Izquierdo[2]

[1]CERIB CIRNE, INIFAP; [2]CENID FyMA, INIFAP.
*Autor para correspondencia: alejandro.florencia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimiento, costos de producción, precio de sorgo.

Introducción

El cultivo de sorgo en México en el 2023 se sembró en una superficie de 1,359,920 hectáreas, de las cuales 937,555 ha son de temporal y el resto para riego, con un rendimiento promedio nacional de 3.65 t ha^{-1}. El 83.42 % de la producción nacional se concentró en cinco entidades, liderando Tamaulipas con 46.37 %. En el sector agrícola de Tamaulipas, el sorgo grano es uno de los cultivos más importantes, al aportar el 35.69 % al valor de la producción agrícola estatal. Los principales municipios productores de sorgo se encuentran en la región norte del estado: San Fernando, Matamoros, Río Bravo, Reynosa, Valle Hermoso y Méndez; en conjunto aportan 83.78 % de la producción estatal y 38.85 % de la producción nacional. La producción regional se realiza la mayor parte en el ciclo otoño-invierno (O-I), tanto en condiciones de riego (31 %) como de temporal (69 %) (SIAP, 2024). En el 2013 se detectó una alta infestación de pulgones en parcelas de sorgo durante el ciclo P-V en el norte y centro del Tamaulipas. Los daños provocados fueron severos y las pérdidas se estimaron entre 30 y 100 % (Rodríguez y Terán, 2015). Este insecto fue identificado como el “pulgón amarillo” (*Melanaphis sacchari*) y representa una nueva plaga en esta región (SENASICA, 2014; Rodríguez y Terán, 2015). Ante la situación fitosanitaria y la importancia de este cultivo en la región, se generó la tecnología “Control químico del pulgón amarillo del sorgo” en el 2014 en el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP y a la fecha sigue en uso y, consiste en combatir el pulgón amarillo del sorgo con el uso de los siguientes insecticidas: Imidacloprid, Sulfoxaflor, Spirotetramat, Thiametoxam y Metamidofos. Esta tecnología recomienda aplicarse cuando se haya alcanzado el umbral económico de 50 pulgones/hoja y de ser necesario, deberá realizarse una segunda aplicación, 20 días después de la primera. También se sugiere el uso de mejoradores de pH del agua para garantizar la eficacia de los insecticidas. Aunado a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el ingreso neto y la productividad del control químico del pulgón amarillo del sorgo en el norte de Tamaulipas, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el norte de Tamaulipas en seis municipios: San Fernando, Matamoros, Río Bravo, Reynosa, Valle Hermoso y Méndez. Esta región del estado presenta altitudes en un rango de 0 a 500 metros sobre el nivel del mar; el clima predominante en la región es semicálido subhúmedo con precipitación promedio de 400 a 800 mm y temperatura promedio de 20 a 24 °C. En Méndez y Reynosa predominan los suelos Chernozem y Kastañozem y en Valle Hermoso, Río Bravo, San Fernando y Matamoros los suelos de tipo Chernozem y Vertisol (INEGI, 2010). Para lograr el objetivo planteado se llevó a cabo en dos fases: de gabinete y de campo. La fase de gabinete fue realizar una pre evaluación que consistió en validar los costos de producción, rendimiento y precio de venta mediante revisión bibliográfica como fichas tecnológicas (documento interno en el cual se describe desde la generación hasta la adopción de una nueva tecnología en el INIFAP), documentos de divulgación, publicaciones e informes técnicos de los proyectos que dieron origen la tecnología: Control químico del pulgón amarillo del sorgo (CQPAS). En la fase de campo se diseñó un cuestionario para obtener información referente a costos de producción, rendimientos y precio de venta con el uso de la tecnología INIFAP y la tecnología testigo (es no realizar el control químico). La aplicación de las encuestas se realizó entre junio y julio de 2024, mediante entrevista dirigida, incluyendo aquellos que habían utilizado el CQPAS y aquellos sin realizar el CQPAS. El tamaño de la muestra se determinó mediante el muestreo de proporciones de varianza máxima (MPVM):

$$n = \frac{Z^2\ N\ pq}{(N-1)e^2+Z^2\ pq} = \frac{(1.645)^2(1785)(0.5)(0.5)}{(1785-1)(0.1)^2+(1.645)^2(0.5)(0.5)} = 65$$

donde *n* es el tamaño de muestra; *N* la población; *z* el nivel de confianza; *e* el error; *p* es la probabilidad de que la muestra sea representativa y; *q* es la probabilidad de que la muestra no sea representativa.

Considerando la población (*N*) de 1,785 productores de sorgo en el norte de Tamaulipas que utilizaron la tecnología INIFAP avalada por una constancia de adopción de la Unión Agrícola Regional del Norte de Tamaulipas (UARNT), un nivel de confianza de 90 % (*z*=1.645), un error de 10 % y una probabilidad de que la muestra represente el 50 %, el tamaño *n* estimado fue de 65 encuestas, de igual manera, se entrevistaron igual cantidad de productores sin realizar el CQPAS. Una vez recopilada la información se capturó en Excel® 2016 para su análisis mediante estadística descriptiva y la estimación de los indicadores. La fórmula utilizada para determinar el ingreso neto el cual expresa el cambio en el ingreso neto de los productores en el uso de innovaciones tecnológicas generado por el INIFAP en el año t, respecto al ingreso neto generado por el uso de la tecnología tradicional o testigo en el año t-1: TCIN = ((INTINIFAPt/INTTt-1)-1)*100, donde TCIN = tasa de cambio en el ingreso neto porcentual; INTINIFAPt = ingreso neto de la tecnología INIFAP (CQPAS) en el tiempo t; INTTt-1 = ingreso neto de la tecnología testigo (sin CQPAS) en el tiempo t-1. La productividad se determinó mediante la expresión algebraica: TCP = ((RTINIFAPt/RTTt-1)-1)*100, donde TCP = tasa de cambio de la productividad promedio; RTINIFAPt = rendimiento promedio de la tecnología INIFAP (CQPAS) en el tiempo t; RTTt-1 = rendimiento promedio del testigo (sin CQPAS) en el tiempo t-1.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos sobre aspectos socioeconómicos indicaron que el 85 % de los entrevistados fueron hombres. Los productores, en promedio tenían una edad de 52 años y se ubicaron en un rango entre 28 y 85 años. En relación a la escolaridad, el 22 % de los productores tiene estudios de primaria, 35 % de secundaria, 27 % de preparatoria, 15 % licenciatura y el 2 % no cuentan con estudios; en promedio presentaron 10.1 años de escolaridad. Los productores presentaron una tradición productiva en cuanto al cultivo de sorgo, ya que el 71 % tienen entre 20 y 70 años de dedicarse a la producción de este grano; y 22 % entre 12 y 18 años y 7 % menos de 10 años. Con relación a las características de la unidad productiva, los predios de sorgo se encuentran establecidos en una superficie promedio de 76 ha, sin embargo, la superficie más frecuente es 50 ha. En cuanto a la tenencia, el 27 % mencionó que son ejidatarios, el 72 % de propiedad privada y el 2 % rentan. Con respecto al régimen de humedad y el sistema de riego utilizado, el 62 % de las parcelas de los entrevistados son de temporal, y el resto aplicaron al menos un riego de auxilio durante el ciclo productivo mediante gravedad.

En el Cuadro 1 con el uso de la tecnología CQPAS se observó que el costo de producción total incrementó ligeramente, pero el costo por tonelada de sorgo disminuyó con respecto al testigo, por to tanto, el aumento en el rendimiento y la disminución del costo unitario por tonelada de sorgo por el uso de la tecnología CQPAS, son variables que muestran una mayor productividad en los sistemas de producción de acuerdo a Ayala-Garay *et al*. (2013). Así también, indica que el realizar el CQPAS incrementa el ingreso neto en $897 ha, lo cual representa un incremento en la tasa de variación del ingreso neto de 5 %. El resultado de este indicador ya no es representativo como en sus inicios cuando surgió la plaga, donde las pérdidas del cultivo eran entre 30 y 100 % (Rodríguez y Terán, 2015), porque el 95 % de los productores encuestados señalaron utilizar materiales tolerantes al pulgón amarillo del sorgo, que en conjunto con otras medidas de control y prevención contribuyen a minorar los impactos negativos de la plaga.

Cuadro 1. Costos e ingresos del control químico del pulgón amarillo *versus* sin el uso del control químico.

Variable	Control químico del pulgón amarillo	Sin el uso del control químico del pulgón amarillo	Diferencia
Costo total de producción ($ ha^{-1})	12,005	11,238	767
Rendimiento (t ha^{-1})	4.35	3.95	0.4
Costo unitario ($/t^{-1})	2,760	2,842	-82
Precio del producto ($ t^{-1})	4,278	4,285	-7
Ingreso bruto ($ ha^{-1})	18,608	16,944	1,664
Ingreso neto ($ ha^{-1})	6,603	5,706	897
Ingreso neto porcentual (%)	35.5	33.7	
Tasa de variación del ingreso neto de los productores (%)	5		

Fuente: Información generada con datos de campo, 2024.

El ingreso neto obtenido por la producción de sorgo aumentó en 15.7 %, lo que indica que el CQPAS les permite obtener mayores ganancias que influirán directamente en el bienestar de las familias de la región de estudio, y este incremento en el ingreso neto, es producto de la alta productividad que alcanza la producción de sorgo en las condiciones en las cuales se realiza, principalmente en temporal, al implementar el uso de la tecnología INIFAP. Al comparar el rendimiento, se tiene que con la tecnología CQPAS este fue 4.35 t ha^{-1} y la tecnología testigo (sin aplicar el CQPAS) de 3.95 t ha^{-1}, lo que representa un incremento en el rendimiento de 10 % (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tasa de variación de la productividad por el uso de la tecnología INIFAP.

Variable/Indicador	Valor
Rendimiento tecnología testigo (t ha^{-1})	3.95
Rendimiento tecnología INIFAP (t ha^{-1})	4.35
Diferencia en la productividad (t ha^{-1})	0.40
Tasa de variación de la productividad (%)	10

Fuente: Información generada con datos de campo, 2024.

De acuerdo al SIAP (2024), la producción de sorgo en el estado de Tamaulipas en el ciclo 2022-2023 se reportó una superficie sembrada de 806,298 hectáreas, pero con base a la constancia de adopción en el norte de Tamaulipas se informó una superficie establecida de 684,500 hectáreas, donde indica que la tecnología INIFAP (CQPAS) se utilizó en aproximadamente 41,070 hectáreas. Al multiplicar esta superficie con el ingreso neto obtenido con el uso de la tecnología INIFAP, se obtuvo la demarra económica igual a $36,835,724.

Conclusiones

El uso del control químico del pulgón amarillo del sorgo *versus* no realizar el control, tiene un efecto positivo en el ingreso neto del productor, esto derivado de un mayor rendimiento, que se traduce en una mayor productividad del cultivo de sorgo de 10 %, esto refleja la importancia de la inversión pública a la investigación y transferencia de la tecnología, como sucedió con el problema del pulgón amarillo del sorgo, el cual se necesitaba una solución. Por lo anterior, es importante promover entre los productores el uso de nuevas tecnologías mediante mecanismos de transferencia.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento del proyecto “Tasa de cambio de la productividad promedio obtenida por las y los productores agrícolas, pecuarios y forestales encuestados en el uso de la tecnología en el año t, respecto a las y los productores que utilizaron tecnologías testigo en año t-1”, con número de SIGI 136296669.

Referencias bibliográficas

Ayala-Garay, A. V., Schwentesius-Rindermann, R., De la O-Olán, M., Preciado-Rangel, P., Almaguer-Vargas, G. y Rivas-Valencia, P. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo.* 10(4): 381-395.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010. Tamaulipas. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293178.

Rodríguez del Bosque, L. A. y A. P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera:Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. Southwestern Entomologist 40: 433-434.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). SAGARPA, Dirección General de Sanidad Vegetal, Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 43. 15 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado en abril de 2025.

MOTIVACIONES DE ADOPCIÓN AJUSTE DE SIEMBRA PARA REDUCIR EL DAÑO DE LA ROYA ASIÁTICA EN SOYA EN LA REGIÓN HUASTECA

Florencia Alejandro-Allende[1]*, Guillermo Ascencio-Luciano[2]

[1]CIRNE CERIB, INIFAP; [2]CIRNE CEHUAS, INIFAP.
*Autor para correspondencia: alejandro.florencia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tecnología, adopción, *Glycine max*.

Introducción

La soya es considerada como una oleaginosa de alto valor proteico para consumo humano y animal, y presente en una variedad de productos comerciales. Durante 2022 se registraron 132.2 mil ha, de las cuales, más del 90% son de temporal, un rendimiento medio nacional de 1.52 t ha^{-1} y donde la producción nacional se concentró en seis entidades: Campeche (41.55%), Yucatán (16.73 %), Chiapas (13.5%), Veracruz (10.97%), San Luis Potosí (7.53 %) y Tamaulipas (5.69%), principalmente en el ciclo agrícola primavera-verano (P-V). La producción de soya a nivel nacional ha experimentado una reducción de 7.1 % entre 2014 y 2023, principalmente Tamaulipas y San Luis Potosí están siendo desplazados por Campeche y Yucatán (SIAP 2024).

En México, la producción de soya es afectada por la roya asiática causada por el hongo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow, que reduce el rendimiento desde 25 hasta 80 % (Terán *et al*., 2007). La tecnología para reducir la roya asiática en el cultivo de soya consiste en ajustar la época de siembra entre el 15 de junio y 20 de julio para que el periodo de llenado de grano termine a principios de octubre, que es cuando se presentan las condiciones propicias para el desarrollo de la enfermedad: humedad relativa mayor a 60 % y temperatura menor a 28 °C (Ascencio *et al*., 2018; Terán *et al*., 2007). Así también, las variedades de ciclo largo deben sembrarse primero y posteriormente las de ciclo más corto, en el orden: Huasteca 200, Huasteca 700, Huasteca 600, Huasteca 100, Tamesí, Huasteca 300 y Huasteca 400 (Ascencio *et al*., 2018). Desde que se generó la tecnología siguió su proceso de transferencia para que productores de soya la adoptaran para reducir el daño de la roya asiática, sin embargo, hay productores que no realizan las recomendaciones para reducir la enfermedad, por lo tanto, es importante conocer los motivos que impulsan su adopción para disponer de estrategias de divulgación tecnológica.

Objetivo

Determinar las motivaciones de los productores adoptantes de la tecnología ajuste de siembra para reducir el daño de la roya asiática en soya en los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Ébano, San Luis Potosí y en tres municipios del sur de Tamaulipas (González, Altamira y Aldama). Ébano se localiza en altitudes entre 10 a 100 metros sobre el nivel del mar (msnm), el clima es cálido subhúmedo, con una precipitación promedio de 900 a 1100 mm. La temperatura promedio anual es de 22 a 26 °C y el tipo de suelo es Vertisol. Los municipios de González y Altamira presentan altitudes en un rango de 50 a 1100 msnm, el clima es AWo, el más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, precipitaciones pluviales anuales de 800 a 1000 mm y temperatura media anual de 24 a 25 °C. Los suelos son de tipo arcilloso, que se caracterizan por ser ricos desde el punto de vista químico, pero con propiedades físicas limitantes para su uso.

El presente estudio fue tipo no experimental transeccional descriptivo, donde se aplicaron 20 encuestas a productores de soya en Ébano, San Luis Potosí y en el sur de Tamaulipas, los cuales fueron seleccionados mediante dos criterios: a) que fueran productores de soya con fecha de siembra entre el 15 de junio y 20 de julio, y b) que aceptaron ser entrevistados.

El cuestionario se diseñó con preguntas abiertas y cerradas para obtener información referente a características del productor, manejo del cultivo y proceso de adopción de la tecnología. Las encuestas fueron realizadas entre los meses de junio y agosto de 2023 y se preguntó sobre las prácticas agrícolas desarrolladas durante 2022.

La información obtenida fue capturada y analizadas en hojas de Excel® 2016.

Resultados y discusión

El 95 % de los productores encuestados fueron hombres, con una edad entre 24 y 77 años y una media de 48 años. En relación a la escolaridad, el 65 % de los entrevistados tiene estudios de primaria, 10 % secundaria, 5 % preparatoria y 20 % licenciatura. Vélez *et al*. (2013) demuestran que la edad y el nivel de estudios de los productores son características que tienen influencia significativa en la forma de realizar la actividad agrícola y de adoptar nuevas tecnologías. El rendimiento que obtuvieron los productores de soya con este ajuste de siembra para reducir la roya asiática fue entre 0.8 y 2.0 t ha^{-1} y una superficie que osciló entre 5 a 60 ha con una media de 26 ha.

Las variedades más utilizadas por los productores fue la Huasteca 700 (55 %), Huasteca 400 con 40 % y el resto en Huasteca 200, ante esto, los productores utilizan variedades sugeridas para la zona. El 45 % de los productores encuestados mencionaron que realizan esta siembra entre el 15 de julio y 20 de julio porque tienen la ventaja de reducir los costos de producción, ya que el uso de fungicidas eleva los costos de aplicación como menciona García *et al*., (2017), el 40 % de ellos indicó que es para obtener mayores rendimientos y el resto para no utilizar fungicidas. El 45 % de los entrevistados indicó realizar una aplicación de fungicida contra la roya asiática. Los motivos que indican para utilizar este ajuste de siembra en soya se muestran en la Figura 1, donde la mayoría menciona que escapar del daño de la soya asiática es un motivo para utilizar el ajuste de siembra, sin embargo, algunos citaron que más que utilizar la fecha de siembra entre el 15 de junio y 20 de julio, se basan en las condiciones necesarias de humedad, situación que obliga al productor realizar siembras después del 20 de julio.

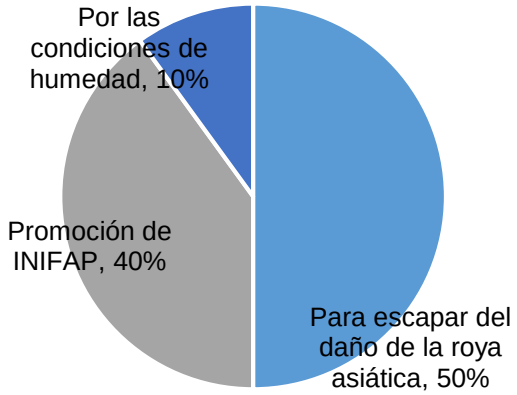


Figura 1. Factores que motivan a los productores utilizar la fecha de siembra entre el 15 de junio y 20 de julio en el cultivo de soya en Tamaulipas y San Luis Potosí.

Respecto a los factores limitantes, en la Figura 2 se visualiza que la falta se asesoría técnica es la principal limitante para llevar a cabo el ajuste de siembra entre el 15 de julio y 20 de julio, el cual es valiosa y se podría mitigar mediante capacitaciones. Así como también el financiamiento o el acceso al crédito y la ausencia de apoyos gubernamentales también contribuyen a su escasa adopción.

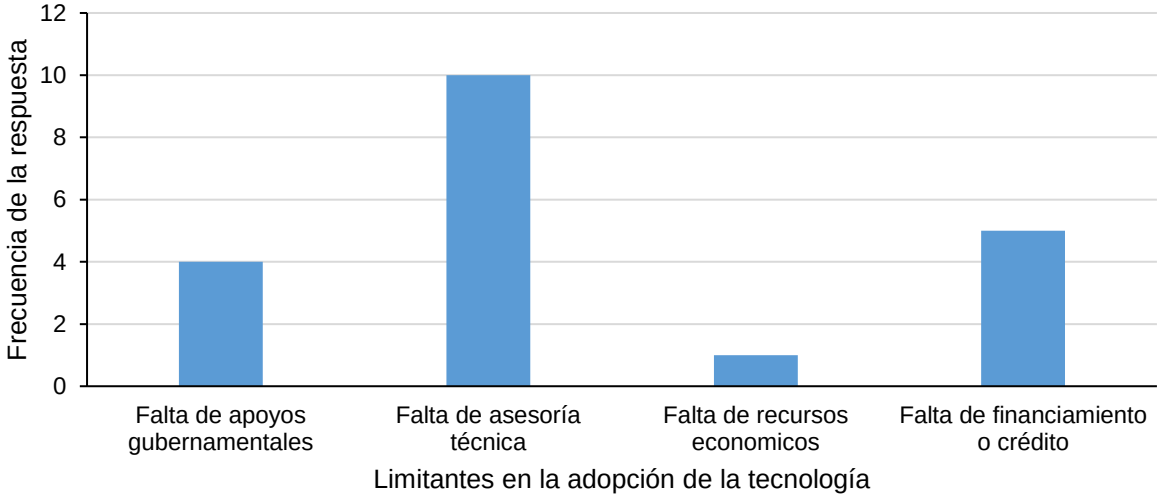


Figura 2. Factores limitantes de los productores en la adopción de la tecnología.

El conocer y disponer de la tecnología es importante para su adopción, por tanto, el 75 % de los productores expresaron su conocimiento de parte de investigadores de INIFAP, el 20 % por el uso y recomendación de otros productores y el 5 % porque lo observaron en parcelas demostrativas del INIFAP.
El 90 % de los productores mencionó que no han recibido capacitación de parte de INIFAP, sin embargo, el 55 % indicó que asistieron a un evento demostrativo dirigido por INIFAP. Por último, en cuanto a si recomendarían el ajuste de siembra, el 25 % indicó muy recomendable, el 65 % recomendable y el 10 % para nada recomendable.

Conclusiones

Los productores de soya se caracterizan por ser de edad madura y baja escolaridad, sin embargo, han adoptado la tecnología generada por el INIFAP ajuste de siembra para reducir el daño de la roya asiática, que son motivados a adoptar la tecnología para escapar del daño de la enfermedad y con las ventajas de reducir costos de producción y obtener mayores rendimientos. Se recomienda impulsar programas de capacitación para motivar a los productores a aplicar nuevas innovaciones tecnológicas que les permitan tener los conocimientos y herramientas para enfrentar los retos en la producción agrícola.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento del proyecto “Tasa de cambio de la productividad promedio obtenida por las y los productores agrícolas, pecuarios y forestales encuestados en el uso de la tecnología en el año t, respecto a las y los productores que utilizaron tecnologías testigo en año t-1”, con número de SIGI 184434952.

Referencias bibliográficas

Ascencio, L. G., García, R. J. C. y Maldonado, M. N. 2018. Ajuste a la época de siembra para reducir el daño de la roya asiática en el cultivo de soya. Ficha tecnológica generada. CIRNE-INIFAP. http://www.inifapcirne.gob.mx/

García, R. J. C., Morishita, M., Kato, M. and Yamanaka N. 2017. Phatogenic Characteristics of the Asian Soybean rust (Phakopsora pachyrhizi) in Mexico. Revista Mexicana de Fitopatología 35: 338-349.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado en abril de 2025.

Terán, V. A. P., Ascencio, L. G., Maldonado, M. N. y Ávila, V. J. 2007. La roya asiática de la soya en México. Folleto técnico No. 22. Campo experimental sur de Tamaulipas. CIRNE-INIFAP. Altamira, Tamaulipas, México. 53 p.

Vélez, I.A., Espinosa, G.J.A., Omaña, S.J.M., González, O.T.A. y Quiroz, V.J. 2013. Adopción de tecnología en unidades de producción de lechería familiar en Guanajuato, México. Actas Iberoamericanas de Conservación animal. 3: 88-96.

UBICACIÓN ESTRATÉGICA DE PLANTAS AGROINDUSTRIALES EN EL ISTMO DE TEHUANTEPEC CON CRITERIOS DE INCLUSIÓN PRODUCTIVA

Yair Romero-Romero[1]*, Luis Alberto Olvera-Vargas[1]*, Gregorio Fernández-Lambert[2], Luis Enrique García-Santamaría[2], Eduardo Fernández-Echeverría[3]

[1]Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), adscrito al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.(CIATEJ); [2]Laboratorio de Logística y Sustentabilidad en Economías Emergentes, Tecnológico Nacional de México/ITS de Misantla; [3]Tecnológico Nacional de México/ITS de Zacapoaxtla.
*Autor para correspondencia: yromero@ciatej.mx; lolvera@ciatej.mx

Palabras clave: Ubicación de instalaciones, plantas agroindustriales, productores a pequeña escala.

Introducción

El Istmo de Tehuantepec, ubicado en el sureste de México, constituye una región estratégica por su posición geográfica y por sus condiciones agroclimáticas favorables, que permiten una elevada producción de frutas tropicales. A pesar de este potencial, la zona presenta altos niveles de marginación y desigualdad social, particularmente en comunidades con amplia presencia de población indígena. Esta situación estructural se agrava por la limitada capacidad logística de los pequeños productores, quienes frecuentemente enfrentan dificultades para movilizar sus cosechas debido a la falta de transporte y recursos económicos. En consecuencia, dependen de intermediarios que, en la mayoría de los casos, imponen precios por debajo del costo de producción, lo que desincentiva la recolección de los cultivos. Esta problemática no solo implica pérdidas económicas y desaprovechamiento alimentario, sino que también propicia condiciones para la aparición de enfermedades fitosanitarias que afectan la productividad de ciclos posteriores.

Una alternativa estratégica para revertir esta problemática consiste en promover cadenas de suministro cortas y generar valor agregado a los frutales producidos en la región, mediante su transformación agroindustrial. En este sentido, se propone la instalación de Plantas de Innovación Productiva Agroalimentaria (PIPAs), concebidas como unidades de procesamiento que adquieran materia prima directamente de los productores locales a precios justos, eliminando la dependencia de intermediarios. Estas instalaciones tendrían como función principal transformar los productos primarios en bienes con mayor valor comercial, permitiendo su inserción en mercados más amplios y a precios competitivos. No obstante, para que esta estrategia sea viable y eficiente, resulta fundamental determinar la ubicación óptima de las PIPAs, de forma que garanticen accesibilidad logística a los productores y reduzcan los costos operativos de acopio y distribución.

Por lo que el objetivo de esta investigación es “determinar la ubicación óptima de Plantas de Innovación Productiva Agroalimentaria (PIPAs), incorporando criterios de inclusión productiva para favorecer el acceso de pequeños productores”.

Materiales y métodos

La investigación comenzó con la identificación de los principales cultivos frutales del Istmo de Tehuantepec, utilizando datos históricos provenientes del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Se recopilaron y analizaron series estadísticas de producción por tonelada en un periodo de 30 años, con el propósito de seleccionar cultivos con comportamiento estable y sostenido en el tiempo, asegurando así la disponibilidad continua de insumos para las plantas de transformación agroalimentaria.

Una vez determinados los productos prioritarios, se definió la metodología para ubicar PIPAs. El modelo seleccionado fue el modelo de Weber, una técnica clásica de optimización espacial que busca minimizar el costo total de transporte ponderado. En este enfoque, cada punto de origen de materia prima se representa mediante coordenadas cartesianas (x_i, y_i) y se le asigna un peso proporcional a su volumen de producción (Church *et al.*, 2025; Lange & Daduna, 2023). El objetivo del modelo es identificar el punto (x, y) en el plano que minimiza la suma de las distancias ponderadas entre ese punto y cada uno de los centros de producción, como se muestra en la ecuación 1.

$$Min_{(x,y)}\left\{f(x,y) = \sum_{i=1}^{n} w_i d_i(x,y)\right\} \quad (1)$$

Donde, $d_i(x,y) =$ es la distancia del i-ésimo proveedor al punto (x, y) y el proveedor i, definida como $\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2}$. (x_i, y_i) = coordenadas del i-ésimo proveedor. w_i = peso asociado al i-ésimo proveedor, correspondiente al volumen de producción. Este modelo fue implementado utilizando el software especializado LINGO versión 10, permitiendo encontrar soluciones óptimas a partir de los datos geoespaciales de los municipios productores.

Resultados y discusión

Con base en el análisis estadístico de producción, se identificaron como productos prioritarios el mango, café, papaya, piña, melón y sandía. Considerando la ubicación de cada uno de los municipios dada en longitud y latitud y la producción en toneladas de cada uno de los productos se obtuvo el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resumen de la ubicación de los municipios productores de mango.

Estado	Clave	Municipio	Longitud	Latitud	Producción de mango (t)
30	30003	Acayucan	-95,035938200	18,028104800	616
30	30073	Hueyapan de Ocampo	-95,180809800	18,195058100	180
30	30104	Mecayapan	-94,851941500	18,497875500	461

Nota: Datos obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/) (SIAP, 2023).

A partir del análisis estadístico multianual, se identificaron como productos prioritarios el mango, café, papaya, piña, melón y sandía. Posteriormente, se aplicó el modelo de localización de Weber para determinar el sitio óptimo de instalación de las PIPAs. Se realizaron dos análisis complementarios: primero, se determinó una ubicación específica para cada producto de forma individual; y segundo, se realizó una integración por estado (Oaxaca y Veracruz), considerando la producción total de los seis cultivos para una PIPA regional.

Ubicaciones por producto:

1. Mango: localizado en la localidad cerca de Chahuites que pertenece al municipio de San Pedro Tapanatepec, a 10.3 kilómetros de la carretera 200 (San Pedro Tapanatepec – Arriaga) y a 66 kilómetros de la estación de ferrocarril Tonalá la cual es la más cercana.
2. Café: la ubicación de la instalación estaría a 2.3km de San José de las Flores perteneciente al municipio de San Juan Cotzocón, Oaxaca. La carretera más cercana esta es la 147 (Tuxtepec - Palomares) que se encuentra a 2.9 km y a 52.9 km de la estación de ferrocarril que lleva el nombre El Manantial.
3. Papaya: la ubicación está a 7.7 km del municipio Santa María Jalapa del Marqués Oaxaca y a 8.2 km a la carretera 190 (Santa María - Santo Domingo Tehuantepec), la estación de tren más cercana es la Salina Cruz a 48.9 km.
4. Piña: Las coordenadas dan a 6.2 km del municipio de Isla – Veracruz. La carretera 145 está a 2.2 km (Villa Sayula de alemán - Loma Bonita). La estación de ferrocarril Juan Rodríguez esta 20.04 km.
5. Melón: La ubicación es a 3.6 km del municipio de Reforma de Pineda- Oaxaca y a 14.8 km de la carretera 200 (San Pedro Tepanatepec - La Ventosa), la estación de ferrocarril más próxima es la de Ciudad Ixtepe a 76 km.
6. Sandia: 1.8 km de la localidad de Emiliano Zapata que pertenece al municipio de San Juan Evangelista – Veracruz. La carretera 185 que va de Acayucan a Palomares está a 16.5 km.

Ubicaciones integradas por estado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):

1. Oaxaca: localizado a 9.3 km de Chahuites municipio de Tapanatepec- Oaxaca la cual se encuentra a 10.3 km a la carretera 200 (San Pedro Tapanatepec - Arriaga) y a 66 km de la estación de ferrocarril de Tonalá.
2. Veracruz: está a 5.4 km del municipio de Juan Rodríguez Clara- Veracruz y a 0.96 km de la carretera 145 (Villa Sayula de Alemán - Loma Bonita). La estación férrea más cercana es la de Juan Rodríguez Clara que está a 5.8 km.

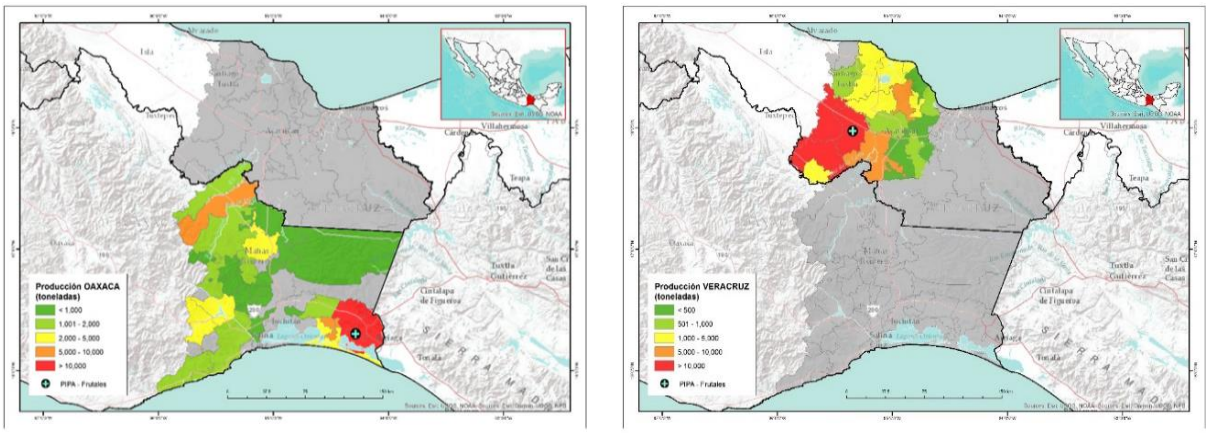


Figura 1. Ubicación propuesta de las PIPAs en Oaxaca y Veracruz.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación confirman la pertinencia del uso de métodos cuantitativos para la localización de instalaciones en contextos agroproductivos con alta dispersión territorial y limitaciones estructurales. El análisis espacial basado en coordenadas geográficas y volúmenes de producción permitió identificar nodos óptimos que minimizan los costos asociados al transporte de materias primas, al tiempo que maximizan el acceso de productores a pequeña escala a mercados de mayor valor agregado.

La ubicación propuesta para las PIPAs en los estados de Oaxaca y Veracruz representa una solución técnicamente viable y territorialmente equitativa que puede contribuir a reducir la intermediación, mejorar los márgenes de rentabilidad de los productores locales, y fomentar la articulación de cadenas agroindustriales regionales. Este enfoque puede replicarse en otras regiones con características similares, como una herramienta de planeación territorial con enfoque de sostenibilidad económica y social.

Referencias

Church, R. L., Drezner, Z., Plastria, F., & Tamir, A. (2025). Reviewing extensions and solution methods of the planar Weber single facility location problem. Computers and Operations Research, 173. https://doi.org/10.1016/j.cor.2024.106825

Lange, V., & Daduna, H. (2023). The Weber problem in logistic and services networks under congestion. EURO Journal on Computational Optimization, 11. https://doi.org/10.1016/j.ejco.2022.100056

SIAP. (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

RED DE COMUNICACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE NARANJA Y TRIGO EN LA REGIÓN CENTRO DE NUEVO LEÓN

Juan Martínez-Medina[1]*, Hipólito Castillo-Tovar[2], Florencia Alejandro-Allende[2]

[1]CEGET, INIFAP; [2]CERIB, INIFAP.
*Autor para correspondencia: martinez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Análisis de redes sociales, información, productores.

Introducción

Se denomina red de innovación a la estructura social derivada del nivel de relacionamiento dado entre los agricultores y otros actores para intercambiar información y conocimiento para incrementar los niveles de innovación en el sector agrícola (Aguilar *et al*., 2016). La metodología de Análisis de Redes Sociales permite analizar y entender de dónde proviene dicha información y el conocimiento, lo que posibilita entender cuáles son los mecanismos o medios por los que los productores se enteran de las innovaciones. En Nuevo León, se ha generado tecnología para la producción naranja y trigo por parte del INIFAP, a través del Campo Experimental General Terán; no obstante, no existen estudios para identificar los actores con los que los productores establecen comunicación en temas relacionados con la producción. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue identificar la red de comunicación de los productores de naranja y trigo en la región centro de Nuevo León.

Materiales y métodos

A través de un muestreo dirigido, en forma presencial se aplicaron 98 encuestas a productores de naranja y de trigo distribuidos en seis municipios de la región centro de Nuevo León, en donde se incluyó la pregunta: ¿con quién platica o habla generalmente sobre temas relacionados con la producción?; de acuerdo a la respuesta se generó una matriz o archivo de datos, que se analizó utilizando la metodología de Análisis de Redes Sociales, mediante el software Gephi 0.10.1, para generar la red respectiva.

Resultados y discusión

En las Figuras 1 y 2 se visualiza la estructura gráfica general de la red de los productores de naranja y trigo, respectivamente. En el caso de los productores de naranja, por el tamaño de los nodos se observa que establecen comunicación con otros productores (Pdr) y el vendedor de insumos (Vi) para obtener información sobre temas relacionados con la producción; enseguida aparecen el técnico privado (Atp), el técnico perteneciente a una dependencia gubernamental (Td), y por último están el INIFAP (Ini) y el viverista (Viv). Dejando de un lado el intercambio de información entre los mismos productores, el vendedor de insumos juega un papel funcional mediante la venta de los diferentes productos agroquímicos necesarios en el proceso productivo, pues es quien les trasmite la información que los productores requieren; lo anterior se complementa con la asesoría pagada, o gubernamental representada en este último caso por el personal técnico del Comité Estatal de Sanidad Vegetal, que realiza actividades dentro de algunas campañas fitosanitarias. En el caso del INIFAP, la red indica que los productores tienen escasa relación, situación que habría que analizar a profundidad para dar respuesta a dicha situación. Los productores de trigo, al igual que en naranja, establecen comunicación con otros productores (Pdr); enseguida y con la misma relevancia aparece el INIFAP (Ini) y el vendedor de insumos (Vi); finalmente se encuentran el técnico de dependencia gubernamental (Td) y el técnico de bodega (Tb). Para el productor, el vendedor de insumos es una fuente de información sobre algunos agroquímicos a utilizar, particularmente a los usados para el control de maleza y royas; sin embargo, también toma en cuenta al INIFAP en esos y otros temas asociados al manejo general del cultivo, por lo que se considera que los productores tienen un vínculo y relacionamiento destacado con la institución.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, tanto en naranja como en trigo, los productores y los vendedores de insumos son la principal fuente de información y conocimiento, y consecuentemente el mecanismo para incorporar innovaciones tecnológicas. No obstante, aunque estos mecanismos se basan en “imitación por duplicación” y no en “imitación creativa” (Muñoz *et al*., 2004), representan una oportunidad para reforzar el proceso de investigación y difusión con la participación de los productores y técnicos. En el caso del INIFAP como fuente de información, se considera que es un problema de percepción, sugiriendo un “alto grado de ingratitud” (Muñoz *et al*., 2004), por parte de los productores de naranja, pues esta

institución, desde su fundación, ha sido una fuente de innovación e información en cítricos (García y Vázquez, 1990; González *et al*., 1983), en gran parte enfocada a la sanidad en los últimos años. Comparado con lo anterior, en trigo, la red indica que los productores tienen mayor relación con el INIFAP, debido a que lo identifican como el generador de las variedades que siembran. De cualquier manera, tanto en naranja como en trigo, el INIFAP tiene una oportunidad para incrementar su imagen y fortalecer su presencia entre los productores.

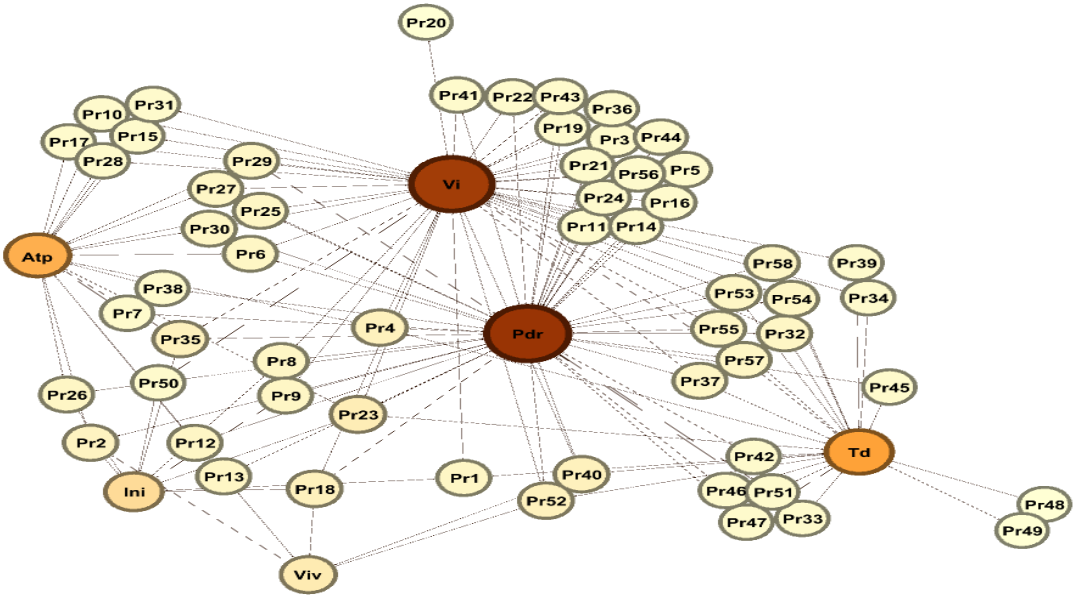


Figura 1. Estructura de la red de comunicación de los productores de naranja en la región centro de Nuevo León.

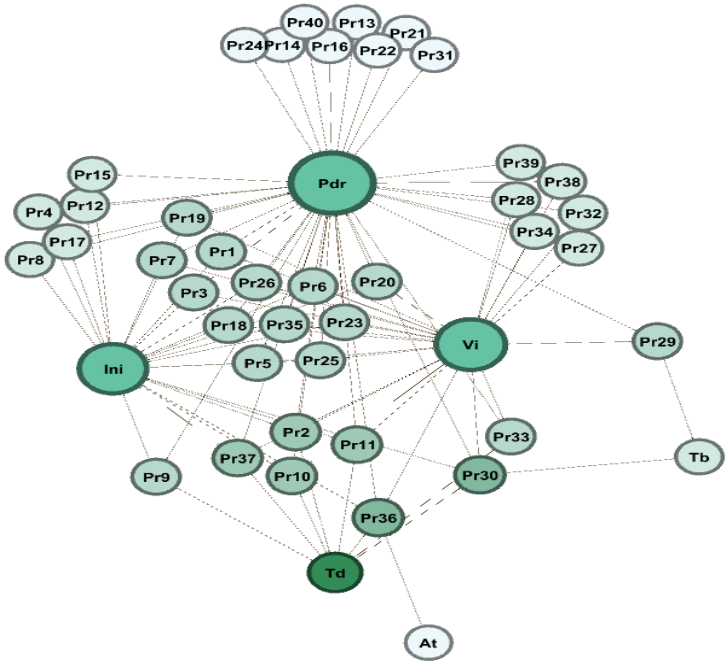


Figura 2. Estructura de la red de comunicación de los productores de trigo en la región centro de Nuevo León.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis de redes, tanto en naranja como en trigo, los productores y los vendedores de insumos son la principal fuente de información y conocimiento, y consecuentemente el mecanismo para incorporar innovaciones tecnológicas. Con respecto al INIFAP, en trigo, la red indica que los productores tienen mayor relación con la institución, pero no tanto en el caso de naranja; sin embargo, en ambos casos existe una oportunidad para incrementar su imagen y fortalecer su presencia entre los productores, y consecuentemente incrementar su posición como fuente de conocimiento e información tecnológica.

Agradecimientos y fuente financiadora
Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el apoyo financiero para la ejecución del proyecto con numero de SIGI 11334535380 “Estimación de la Adopción de Innovaciones INIFAP en el noreste de México”, de donde se derivó el estudio presente.

Referencias bibliográficas

Aguilar, G. N., Martínez, G. E. G., Aguilar, A. J., Santoyo, C. H., Muñoz, R. M., y García, S. E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. Estudios Gerenciales, 32(140), 197-207.

Muñoz, R. M., Rendón, M. R., Aguilar, Á. J., Altamirano, C. J. y García, M. J. G. (2004). Redes de innovación: un acercamiento a su identificación, análisis y gestión para el desarrollo rural. Fundación PRODUCE Michoacán, A. C., Universidad Autónoma Chapingo.

García, D. G. J., y Vázquez, P. L. (1990). Tecnología de producción utilizada y disponible en la región citrícola de Nuevo León. En: La región citrícola de Nuevo León, actores, condiciones y perspectivas. Compilador, Zúñiga, V. Facultad de Filosofía y Letras, UANL, El Colegio de la Frontera Norte; México. Pp73-99.

González, G. R., Chávez, P. J. E., Ramírez, D. J. M., Sánchez, S. J. A., Vázquez, P. L., y Villarreal, E. H. (1983). Guía para el cultivo de los cítricos en Nuevo León. Folleto Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Campo Experimental General Terán.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTORES Y EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE SORGO DE TEMPORAL EN EL NORTE DE TAMAULIPAS, MÉXICO

Florencia Alejandro-Allende[1]* Hipólito Castillo-Tovar[1]

[1]CERIB CIRNE, INIFAP.
*Autor para correspondencia: alejandro.florencia@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, adopción, productividad.

Introducción

El estado de Tamaulipas es líder en la producción de sorgo, principalmente se cultiva en condiciones de temporal. La superficie promedio sembrada entre 2018 y 2022 fue de 680,887 ha, superficie que se concentra en los municipios del norte del estado, donde el 74.6 % corresponde a temporal, generando una producción promedio de 1.04 millones de t, con un valor promedio superior a los 4,451.18 millones de pesos. El rendimiento potencial por municipios indica que se obtiene entre 2.1 y 2.9 t ha^{-1} (Cuadro 1). Los factores que influyen en el rendimiento del cultivo de sorgo bajo temporal están en función de las características del suelo, temperatura, precipitación y otros factores, y en este medio el éxito o fracaso depende el uso de tecnologías que contribuirán a la rentabilidad de la actividad (Espinosa *et al*. 2014). Por otra parte, Mohammed (2009) manifiesta que el cultivo de sorgo presenta las ventajas de tolerancia a la sequía, puede prosperar mejor en condiciones difíciles y requiere menos insumos para su producción. Aunado a estas condiciones y la importancia socioeconómica del cultivo de sorgo de temporal en la región norte de la entidad, el objetivo de este estudio fue realizar la caracterización de los productores y el sistema de producción de sorgo, incluyendo la cuantificación de adopciones tecnológicas en los municipios del norte de Tamaulipas, con el fin de generar información para la toma de decisiones que participan en la actividad del sector agrícola.

Cuadro 1. Superficie, producción, rendimiento y valor del cultivo de sorgo de temporal por municipios del norte de Tamaulipas (promedio 2018-2022).

Municipio	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha^{-1})	Precio medio rural ($/t)	Valor de la producción (miles $)
Matamoros	81,207	75,248	201,885	2.7	4,200	845,382
Méndez	57,673	47,075	98,216	2.1	3,932	396,304
Reynosa	79,227	67,330	157,848	2.4	4,132	675,693
Río Bravo	46,048	43,472	112,803	2.6	4,212	501,273
San Fernando	234,587	214,088	448,283	2.1	4,189	1,929,234
Valle Hermoso	9,291	8,321	24,099	2.9	4,219	103,301
Total	508,034	455,534	1,043,133	2.4	4,148	4,451,186

Fuente: Información generada con datos de SIAP (2024).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el estado de Tamaulipas correspondiente a los municipios de San Fernando, Matamoros, Río Bravo, Reynosa y Méndez. Esta región del estado presenta altitudes en un rango de 0 a 500 metros; el clima predominante en la región es semicálido subhúmedo con precipitación promedio de 400 a 800 mm y temperatura promedio de 20 a 24 °C. En Méndez y Reynosa predominan los suelos Chernozem y Kastañozem y en Río Bravo, San Fernando y Matamoros los suelos de tipo Chernozem y Vertisol.

Se utilizó investigación no experimental transeccional descriptiva, donde se aplicaron 109 encuestas a productores de sorgo seleccionados mediante la disponibilidad del productor de participar en los talleres de capacitación y captación de información, durante los meses de julio y agosto del 2022. Con base en los componentes del paquete tecnológico del cultivo de sorgo en condiciones de temporal se elaboró una encuesta semiestructurada de preguntas abiertas y cerradas para tener información de las características del productor (edad, escolaridad, años de producir sorgo), el manejo agronómico del cultivo (superficie

cultivada, fecha de siembra, hibrido comercial, fertilización, rendimiento, control de maleza, plagas y enfermedades) y la tasa de adopción de innovaciones (Aguilar-Ávila *et al*., 2020). La información obtenida fue capturada y analizadas en hojas de Excel® 2016.

Resultados y discusión

Las características encontradas en este estudio indican que 89 % de los productores de sorgo son hombres y el 11 % son mujeres, con edad entre los 26 y 87 años y un promedio de 62 años; el 44.8 % son mayores de 65 años y 47.6 % tienen entre 45 y 64 años, algo similar reportó el censo agropecuario estatal de INEGI en el 2023. Los productores de sorgo tienen una amplia experiencia en la producción de este cultivo, ya que la mayoría tienen más de 30 años dedicándose a esta actividad económica (Cuadro 2). En relación a la escolaridad, el 25 % no concluyeron la primaria, el 29 % presentan primaria terminada, 25 % de secundaria, 9 % cuentan con preparatoria, 5 % licenciatura, el 6 % sin estudios y el 2 % reservaron mencionar su escolaridad; en el Cuadro 2 se muestra la escolaridad por municipios, donde San Fernando tiene la escolaridad más baja, en general, el productor tiene un nivel de estudio promedio de 6.6 años.

Con respecto a las unidades de producción, la superficie cultivada osciló entre 3 y 400 ha, con un promedio de 37 ha, así también, el promedio por municipio se aprecia en el Cuadro 2, donde Matamoros y Río Bravo reportan una superficie superior. Al respecto, Alejandro *et al*. (2020) reportaron que los productores de sorgo de temporal de la región norte de Tamaulipas siembran entre 10.6 y 400 ha. De acuerdo al tipo de propiedad, el 60 % de las parcelas de los entrevistados pertenecen al régimen ejidal, 26 % de pequeña propiedad, 4 % comunal y el resto, otro tipo de tenencia.

Cuadro 2. Características promedio de los productores de sorgo de temporal en el norte de Tamaulipas.

Municipios	Edad (años)	Escolaridad (años)	Experiencia (años)	Superficie cultivada (ha)
Matamoros	64	7.6	35.6	89.5
Méndez	59	9.0	30.0	36.0
Reynosa	61	6.6	28.7	16.3
Río Bravo	66	6.4	34.8	53.7
San Fernando	62	6.0	39.4	25.8
Promedio general	62	6.6	33.6	37.0

Fuente: Información generada con datos de campo, 2022.

En aspectos productivos, los productores de sorgo realizan la siembra en el ciclo otoño-invierno, el 88% siembran del 20 de diciembre y 08 de marzo y sólo el 8% siembran antes de esta fecha. El 72 % de los productores utilizaron híbridos de la empresa comercial Corteva, 19% semillas de Dekalb® y el resto de otras marcas. Estos resultados se validan con los reportados por Espinosa *et al*. (2014), quienes mencionan que dentro de los factores más importantes en la producción de sorgo es la elección del hibrido a sembrar, tomando en cuenta las características agronómicas deseables.

El método de siembra que más utilizaron los productores, es en surcos de 81 cm (64%), seguido de la siembra en surcos de 86 cm (31 %) y algunos realizaron la siembra en plano en hileras de 86 cm (7% del total de productores entrevistados). De los productores encuestados, el 85.3 % utilizaron densidades recomendadas de 5 a 8 kg ha^{-1} de semilla y el resto siembran más de 8 kg ha^{-1}. En cuanto a la fertilización del cultivo de sorgo, sólo el 18.3 % aplicaron algún tipo de fertilizante y el 19.3 % aplicaron fertilizantes foliares (Cuadro 3). Las malezas limitan el rendimiento del cultivo, por lo que el 49.5% de los productores mencionaron el control de forma mecánica mediante escardas y el 66.1 % aplicaron herbicidas. Para el control de plagas, el 63.3 % de los productores consideró innecesario las aplicaciones de insecticidas, sin embargo, donde se realizaron aplicaciones fue principalmente para control de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*), mosquita (*Contarinia sorghicola*), chinches (Oebalus mexicanus) y gusanos de la panoja. Respecto al control de enfermedades, el 75.2 % de los productores manifestaron utilizar estrategias para evitar o disminuir el daño de enfermedades, entre ellos, el uso de variedades resistentes y el cambio en la fecha de siembra (Cuadro 3).

En cuestión de productividad bajo las condiciones de secano, el 78 % de los productores indicaron que sus rendimientos son menores de 3 t ha^{-1}, y el 20.2 % obtienen entre 3 y 6 t ha^{-1} (Cuadro 3). De acuerdo con Espinosa *et al*. (2014) el efecto de la temperatura en el norte de Tamaulipas al sobrepasar los límites de 30

°C durante el día y 25 °C durante la noche provoca que la fase de llenado de grano se acelere, generando un rendimiento promedio en la zona de 2.7 t ha^{-1}.

Cuadro 3. Prácticas agronómicas y rendimiento del cultivo de sorgo de temporal en el norte de Tamaulipas.

Variables	Número de productores*	Porcentaje (%)
Densidad de siembra		
• 5-8 kg de semilla	93	85.3
• Más de 8 kg de semilla	16	14.7
Fertilización		
• Si fertiliza	20	18.3
• No fertiliza	89	81.6
Fertilización foliar		
• Si realiza	21	19.3
• No realiza	88	80.7
Control químico de maleza		
• Si	72	66.1
• No	37	33.9
Control químico de plagas		
• Si	40	36.7
• No	69	63.3
Control de enfermedades		
• Si	82	75.2
• No	27	24.8
Rendimiento		
• Menos de 3 t ha^{-1}	85	78.0
• 3-6 t ha^{-1}	22	20.2
• Sin respuesta	2	1.8

Fuente: Información generada con datos de campo, 2022. *n=109

Conclusiones

Los productores de sorgo de temporal del norte de Tamaulipas son de edad avanzada, con baja escolaridad y amplia experiencia en la actividad agrícola. El sistema de producción de sorgo se establece en superficies promedio de 37 ha, donde la mayoría utiliza la fecha recomendada entre el 20 de diciembre y 08 de marzo, usan densidades adecuadas a las recomendaciones y se utilizan híbridos comerciales en la siembra. Pero es importante destacar la falta de transferencia tecnológica en los componentes de fertilización y control de malezas y plagas en función a las condiciones socioeconómicas de los productores y ante una situación de oportunidad para la aplicación de la tecnología.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento para la realización de este estudio.

Referencias bibliográficas

Aguilar-Ávila, J., Martínez-González, E.G., Aguilar-Gallegos, N. y Altamirano-Cárdenas, J.R. 2020. Análisis de procesos de innovación en el sector agroalimentario y rural. Metodologías y herramientas para la investigación, Vol. 8 México: Universidad Autónoma Chapingo.

Alejandro, A. F., García, M. R., García, S. R. C., Mora, F. J. S. y Sangerman, J. D. Ma. 2020. Competitividad de la producción de sorgo en el norte de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 11(1): 139-150.

Espinosa, R. M., Montes. G. N., Vargas, V. E. y Hernández, M. O. L. 2014. Factores que limitan la productividad del sorgo de temporal en el norte de Tamaulipas. Folleto. SAGARPA, INIFAP-CIRNE, Campo Experimental Río Bravo, Río Bravo, Tamaulipas. 18 p.

Mohammed, M. I. 2009. Line x tester analysis across locations and years in Sudanese x exotic lines of forage sorghum. J Plant Breed Crop Sci. 1(9): 311-319.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2024. Anuario estadístico de la producción agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado en abril de 2025.

PRONÓSTICO DE PRECIOS DEL MELÓN CANTALOUPE (*Cucumis melo* L.) CON UN MODELO ARIMA ESTACIONAL

Damián Torres-Hernández[1*], José de Jesús Espinoza Arellano[2], Humberto Vaquera Huerta[3], Luis Maconetzin Isidro Requejo[1]. José Jaime Arana Coronado[3]

[1]Campo Experimental La Laguna-INIFAP. [2]Universidad Autónoma de Coahuila. [3]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
*Autor para correspondencia: torres.damian@inifap.gob.mx

Palabras clave: Economía, agrícola, estadística.

Introducción

El melón se considera como uno de los principales cultivos de la agricultura comercial en la Región Lagunera. De acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), durante 2024 se cosecharon cuatro mil hectáreas con un rendimiento de 37.4 toneladas por hectárea. La derrama económica que genera es de mil millones de pesos, además de que cada hectárea genera 52 jornales, lo cual nos da una suma de poco más de 208 mil jornales, que equivale a más de 52 millones de pesos que sirve de ingresos a más de nueve mil familias productoras de melón. La situación anterior hace relevante el monitoreo de precios de mercado en beneficio de los productores agrícolas de la región para continuar con la producción. El objetivo del presente estudio fue aplicar un modelo estadístico de series de tiempo para pronosticar el precio nominal mensual del melón cantaloupe # 9 (SIAP, 2025).

Materiales y métodos

Los datos considerados corresponden al precio promedio mensual del melón cantaloupe # 9 al mayoreo en central de abasto, publicados por el Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM, 2025). El periodo de análisis es de enero de 2005 a marzo de 2025, generando una serie de tiempo con 243 observaciones mensuales. Una serie de tiempo es un proceso estocástico. Caracteriza una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo. Cada una de las variables aleatorias del proceso tiene su propia función de distribución de probabilidad. En la mayoría de los procesos estocásticos cada resultado depende de lo que sucedió en etapas anteriores del proceso. Para modelar la información se utilizó el método de George E. P. Box y Gwilym Jenkins (1976), de series de tiempo para analizar la serie histórica mediante un modelo Autorregresivo e Integrado de Media Móvil (ARIMA) en el programa estadístico R, evaluando el poder predictivo mediante estacionalidad de la serie (contrastes de raíces unitarias), pruebas de bondad de ajuste y medidas de error del pronóstico.

Resultados y discusión

La variable muestra dos periodos importantes a lo largo de la distribución de datos (Figura 1), siendo la primera tendencia de enero de 2005 a julio de 2015, mientras que la segunda tendencia comienza en agosto de 2015 hasta marzo de 2025. En este último periodo, el crecimiento se muestra con fluctuaciones periódicas que se repiten cada cierto periodo, provocando una varianza no constante.

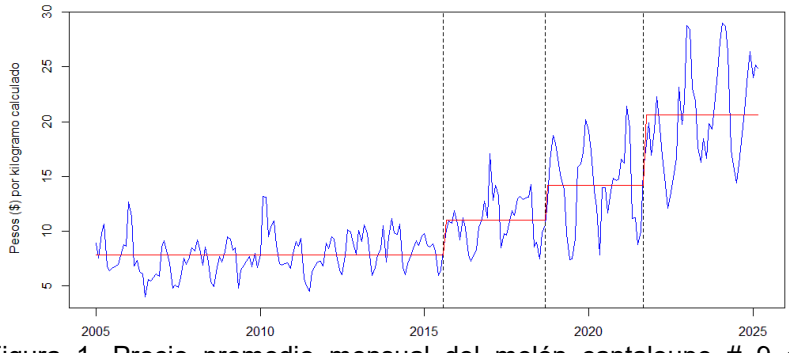


Figura 1. Precio promedio mensual del melón cantaloupe # 9 al mayoreo en central de abasto.

Para constatar la inestabilidad en la varianza se aplicó la prueba de Cox-Box (1964), estimando un valor lambda λ =-0.46 el cual se ubica dentro del rango de −2 y 2 sugiriendo la transformación de la variable para tener una varianza constante. Lo anterior se realiza considerando una función de una familia de transformaciones de potencia que se utilizan para estabilizar la varianza y hacer que un conjunto de datos se aproxime más a una distribución normal, para este caso se utilizará la transformación logarítmica. Para

aplicar la metodología de Box y Jenkins (1976) para series de tiempo, es necesario que la variable tenga una media estacionaria la cual se obtiene con al menos una diferenciación, con estos dos tratamientos estadísticos se mejora la aproximación a la distribución normal del proceso $\{\mathcal{Z}\}$. La estacionariedad o no estacionariedad estadística planteada por Dickey y Fuller (1981), se verificó en la serie de tiempo mediante la prueba de raíz unitaria de Dickey Fuller Aumentada (ADF) para evaluar la existencia de una autocorrelación serial bajo las hipótesis H0: la serie no es estacionaria y tiene raíz unitaria vs Ha: la serie es estacionaria y no tiene raíz unitaria (Pankratz, 1983). Dado que el valor de probabilidad $(pvalue = 0.01)$ es menor al nivel de significancia $(\alpha = 0.05)$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la serie no tiene raíz unitaria, siendo estacionaria, significando que la serie tiene media y varianza constante en el tiempo. El modelo identificado para realizar los pronósticos de los precios del melón fue un ARIMA$(1,1,1)$X$(2,1,0)_{S=12}$, con comportamiento estacional repetido cada 12 meses $(S = 12)$.
Lo anterior significa que se estimaron el parámetro autorregresivo AR1,1 ϕ_2, una primera diferencia $(d = 1)$, así como el componente de promedio móvil MA1,1 θ_2 se calcularon para la parte no estacional, mientras que los parámetros autorregresivos AR2,2 Φ_{12}, una primera diferencia $(D = 1)$ y el componente de promedio móvil MA2,0 Θ_{12} se calcularon para la parte estacional, mediante máxima verosimilitud, utilizando el programa R. La parsimonia del modelo elegido se basó en los valores menores del Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio Bayesiano de Shwartz (BIC). Posterior a la estimación de parámetros, se realiza la verificación de supuestos mediante el análisis estadístico de los residuales para finalmente realizar los pronósticos. Los residuales estandarizados para este modelo se analizaron mediante el valor de probabilidad $(pvalue)$ para las pruebas de ruido blanco, mostrando una secuencia independiente e idénticamente distribuida con una media cero y una varianza constante.
Para constatar lo anterior, la prueba de Ljung-Box (1978) estima un valor de probabilidad $(pvalue = 0.609)$ mayor al nivel de significancia $(\alpha = 0.05)$ en cada uno de sus rezagos, no rechazando la hipótesis nula, señalando que los datos se distribuyen de forma independiente (no hay autocorrelación de los residuos).
La prueba de Brock, Dechert y Scheinkman (1996), se utiliza para contrastar la hipótesis nula de que la secuencia es aleatoria, independiente e idénticamente distribuida (iid). El estadístico mencionado para el presente modelo estima valores de probabilidad mayores al nivel de significancia $(\alpha = 0.05)$, lo cual descarta la no linealidad en los residuos. De manera que se reafirma la posibilidad de generar pronósticos mediante el uso del modelo. En la prueba de Jarque-Bera (1980), la hipótesis nula señala que se observa la distribución normal sobre el ruido blanco de los datos y la alternativa señala lo opuesto. La implicación de este supuesto es garantizar que los intervalos para los pronósticos sean confiables. El estadístico de prueba aplicado al presente modelo indica que el valor de probabilidad $(pvalue = 0.059)$ es mayor al nivel de significancia $(\alpha = 0.05)$, por lo que no rechazamos la hipótesis nula.
El ajuste del modelo con respecto a los datos observados se muestra en la Figura 2.

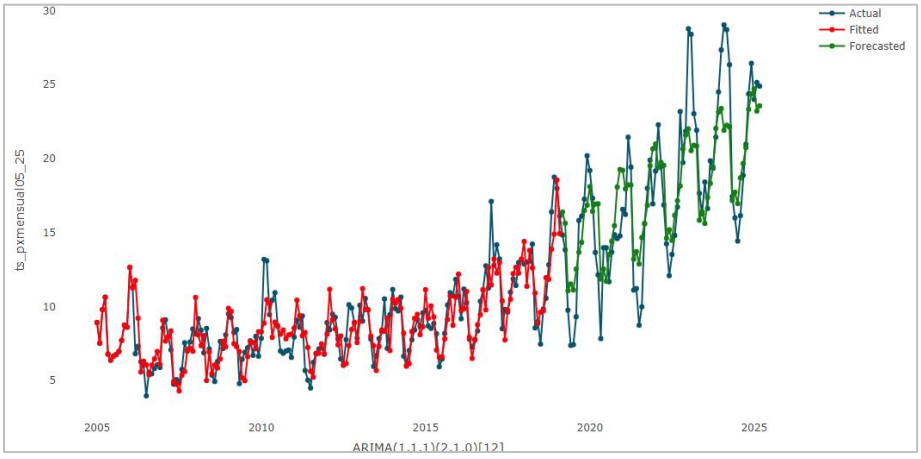


Figura 2. Entrenamiento y validación del modelo ARIMA estacional $(1,1,1)$X$(2,1,0)_{S=12}$.

Además de las pruebas de bondad de ajuste, es conveniente realizar la evaluación del modelo con respecto a la capacidad de réplica, una vez que el modelo ha generado información con parámetros estimados. Lo anterior es posible dividiendo la serie de tiempo en conjuntos de entrenamiento (70% de los datos observados) y validación (30% de los datos observados), aplicando el modelo ARIMA estacional al conjunto

de entrenamiento. Con esto, el modelo replica la serie en el mismo porcentaje (línea roja) y se realiza un pronóstico para el 30% de los datos restantes (línea verde). De esta manera, al graficar en conjunto los datos ajustados y pronosticados, la serie ajustada por el modelo se compara con los datos reales (línea azul) permitiendo observar visualmente la capacidad de ajuste del modelo.

Aunado a la gráfica, existen medidas de error del pronóstico, como el error porcentual absoluto medio (MAPE, por sus siglas en ingles), el cual mide el tamaño del error (absoluto) en términos porcentuales (Farrera, 2013). Para la serie ajustada y los datos observados de la presente investigación, la relación promedio entre el error ajustado y el valor real en todos los casos es de entre 10 y 12 %, este porcentaje indica en cuántos puntos porcentuales se equivocan en promedio los pronósticos.

De acuerdo con el modelo ARIMA estacional $(1,1,1)\mathrm{X}(2,1,0)_{S=12}$, los precios esperados a partir del mes de abril de 2025 se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Pronóstico de precio promedio mensual del melón cantaloupe # 9 al mayoreo de abril a diciembre 2025.

Año 2025	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pronóstico	23.68	19.07	17.56	18.34	18.99	21.54	24.79	24.98	27.33
Límite inferior 95%	20.10	15.02	13.36	14.07	14.69	17.21	20.44	20.61	22.95
Límite superior 95%	27.26	23.13	21.77	22.60	23.30	25.86	29.13	29.35	31.71

El Cuadro muestra los pronósticos para los siguientes nueve meses a partir de abril hasta diciembre de 2025 con los limites inferior y superior al 95% de confianza.

Conclusiones

El modelo para pronosticar los precios del melón es estadísticamente significativo, con buena capacidad de ajuste y confiable para los pronósticos fuera de la serie de tiempo. Cabe mencionar que los datos para el análisis fueron tomados en cuenta hasta marzo de 2025, por lo que mientras se realizó la presente investigación se registraron los precios nominales mensuales de $22.83, $18.39 y $14.09 para abril, mayo y la hasta la primera quincena de junio 2025, respectivamente. Estos precios entran dentro de los limites inferior y superior del 95% (bandas de confianza), lo cual permite constatar la afinidad del modelo para pronosticar el precio promedio mensual del melón cantaloupe # 9 al mayoreo.

Referencias bibliográficas

Box, G. E. P., and G. M. Jenkins. 1976: Time Series Analysis: Forecasting and Control. Ed. Holden-day. San Francisco, CA. 575 p.

Brock, W. A., W. D. Dechert, Scheinkman J, y B. LeBaron (1996). “A test for independence based on the correlation dimension”. Econometric Reviews 15(3):197- 235.

Cox, D. R., and G. E. Box. 1964. An analysis of transformations. J Royal Static. Soc. 26: 211-252.

Dickey, D. and W. Fuller. 1981. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. Econometrica. 49: 1057-1072.

Farrera, G. A. 2013. Manual de pronósticos para la toma de decisiones. Editorial digital Tecnológico de Monterrey. Primera edición. 278 p.

Jarque, C.M. and Bera, A.K. (1980) Efficient Tests for Normality, Homoscedasticity and Serial Independence of Regression Residuals. Economics Letters, 6, 255-259. https://doi.org/10.1016/0165-1765(80)90024-5

Ljung, G. M. and G. E. Box. 1978. On a measure of lack of fit in time series models. Econometrica. 65: 297-303.

Pankratz, A. 1983. Forecasting with Univariate Box-Jenkins Models Concepts and Cases. Ed. John Wiley & Sons. USA. 566 p.

SIAP. 2025. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos anuales de producción y valor de producción de melón. https://www.gob.mx/siap.

SNIIM, 2025. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. Consulta de precios agrícolas de frutas y hortalizas en mercados nacionales. https://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4|0

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AGRÍCOLA DE MAÍZ EN LA SIERRA DEL MUNICIPIO DE CONCORDIA, SINALOA

Obed Gabriel Gutiérrez-Gutiérrez[1]*, Venancio Cuevas-Reyes[2], Alexander Ortiz-Quintero[3], Pedro Cadena-Iñiguez[4], Jesús Pérez-Márquez[1]

[1]Campo Experimental Valle de Culiacán-CIRNO INIFAP; [2]Campo Experimental Valle de México-CIRCE INIFAP; [3]Programa de Estrategia de Acompañamiento Técnico; [4]Campo Experimental Centro de Chiapas-CIRPAS INIFAP.
*Autor para correspondencia: gutierrez.obed@inifap.gob.mx

Palabras clave: Asistencia técnica, milpa, temporal.

Introducción

El sistema de producción agrícola local del municipio de Concordia, Sinaloa, se basa principalmente en producir alimento para el autoconsumo relacionado con la alimentación humana principalmente. La base de este sistema de autoconsumo es la familia. La familia y miembros de las comunidades son las que se encargan de las labores del cultivo de la tierra, principalmente. Así mismo, la importancia de este sistema es la conservación de especies nativas, de las principales razas de maíz, frijol y calabaza. En el estado de Sinaloa se han encontrado 9 de las 59 razas de maíz reportadas para México, otros autores mencionan 64 razas, y en el municipio de concordia se encuentran 8 de las 9 razas presentes en el Estado. Sin embargo, durante los últimos años este sistema se ha visto afectado por la movilización de personas debido a la delincuencia organizada. Pero, dentro del programa de Acompañamiento Técnico que está llevando el INIFAP y la Secretaría de Agricultura, se ha apoyado a familias del país con asistencia técnica especializada para mejorar la calidad del suelo, conservación de los recursos genéticos, menor uso de pesticidas o químicos, y mejorar la rentabilidad del Sistema Producto Milpa. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo es la caracterización del Sistema de Producción Agrícola de Maíz en el municipio de Concordia, Sinaloa.

Materiales y métodos

El municipio de Concordia es uno de los 20 municipios que componen el estado de Sinaloa. Este municipio se encuentra en la parte sur del Estado y limita al norte con el municipio de Mazatlán, al sur con el municipio de Rosario, al este con el estado de Durango, y al oeste con el municipio de Mazatlán y el municipio de Rosario. Las localidades de encuestadas fueron Chirimoyos, Cuatantal, El Palmito, Potrerillos y Santa Lucia del municipio de Concordia. Las entrevistas realizadas con pequeños productores permitieron enlistar y calendarizar las labores que lleva a cabo los productores del municipio. Dicha información se obtuvo por medio del muestreo no probabilístico (Otzen y Manterola, 2017). El muestreo fue dirigido y los criterios que se consideraron fueron: 1) que el productor sembrara, 2) que perteneciera al programa Producción Para el Bienestar y 3) que se encontrara dentro de una Escuela de Campo (ECA). En total fueron realizadas 40 entrevistas durante los meses de enero y febrero del 2025. Para el análisis de la información se utilizaron medidas.

Resultados y discusión

Del total de los encuestados el 20 % correspondió a mujeres y el resto a hombres. La agricultura familiar del municipio de Concordia, Sinaloa está asociada principalmente al sistema milpa (maíz, frijol y calabaza) y/o monocultivo de maíz, siendo el maíz Amarillo el principal o más utilizado en la zona, seguido del maíz blanco y negro (Cuadro 1). El maíz amarillo se presentó en las cinco localidades donde se encuentran las Escuelas de Campo (ECAs), el maíz blanco y negro se presentaron en tres localidades. Sin embargo, la localidad que presento la mayor diversidad y uso de semilla nativa fue Chirimoyos, donde se siembran siete de los nueve diferentes maíces nativos que se encontraron, seguido de potrerillos con el uso de seis maíces diferentes. Los productores campesinos que adoptan una agricultura familiar diversifican su producción, esto garantiza la producción sostenida de alimentos, la protección de las raíces y diversidad genética de los maíces criollos (Magdaleno-Hernández *et al*. 2016). Para que subsista este sistema, es necesario proteger tanto la diversidad de cultivos basados en semillas nativas locales, como los saberes vinculados a éstas, así como los derechos étnicos de los campesinos que protegen este patrimonio vegetal.

Cuadro 1. Localidades con mayor presencia de maíces nativos en la parte serrana de Concordia, Sinaloa.

Tipo de maíz	Localidades				
	Chirimoyos	Cuatantal	El Palmito	Potrerillos	Santa Lucia
8 hileras	*				
Amarillo	*	*	*	*	*
Blanco	*	*		*	*
Breve San Juan				*	
Burrito	*	*		*	
Elotero	*				
Híbrido	*			*	
Negro	*		*	*	
Tuxpeño	*	*			
Cabeza de víbora		*		*	*

* Presencia del maíz nativo

El sistema de producción agrícola del maíz se realiza bajo el régimen de Temporal y, en la actualidad se realiza bajo un enfoque de Transición Agroecológica dentro del programa federal “Cosechando Soberanía”. Los terrenos donde se realiza la explotación son de uso Ejidal, y en promedio los productores cuentan con una superficie de 2.38 ha. A pesar de ser un área de temporal, los niveles de Materia Orgánica son bajos y cuenta con una compactación ligera, lo que le permite ser utilizada para la producción del cultivo (Cuadro 2). Dentro del inventario relacionado con infraestructura y maquinaria realizado, se encontró que se cuenta con tres tractores, además de que el 87.5 % de los productores cuentan con algún tipo de sembradora y el 77.5% cuentan con fertilizadora, esto les ha permitido obtener una mejor producción (Cuadro 3).

Cuadro 2. Características promedio del suelo de la región de la sierra del municipio de Concordia, Sinaloa.

Textura del suelo	Materia Orgánica (%)	Conductividad Eléctrica	ORP (Potencial de Óxido - Reducción)	pH	Compactación (libras por pulgada)
Franco arenoso	0.63	0.33	25.85	6.84	114.73

MO=Materia Orgánica; CE=Conductividad Eléctrica; ORP= Potencial de Óxido – Reducción; pH= Potencial de Hidrógeno

Cuadro 3. Inventario de Maquinaria Agrícola

Tractor	Sembradora	Canalera	Rastra	Subsuelo	Fertilizadora	Arado	Asperjadora
3	35	28	2	2	2	38	31

De acuerdo con los productores encuestados, el maíz que presenta los mejores rendimientos es el amarillo, sin embargo, al ser producciones de temporal, y a pesar de los temporales erráticos de los últimos años, la producción no se ha visto tan afectada (Cuadro 4). Esto tal vez se atribuya a la asistencia técnica que se ha recibido durante los últimos años con el programa de Acompañamiento técnico, donde además de enseñarles a cuidar sus maíces, se les ha enseñado a producir de una mejor manera, mediante el uso de microorganismos, bioinsumos, mejoramiento genético participativo, entre otros temas de capacitación. Acciones como estas, además de la incorporación de las instituciones involucradas en el sector, favorece a los éxitos de los programas de asistencia técnica (Amaro-Rosales y Gortari-Rabiela, 2016)

Cuadro 4. Características Agronómicas del maíz y su precio

Tipo de maíz	Días a la cosecha	Rendimiento promedio (t/ha)	Precio por tonelada (pesos/t)
8 hileras	218	2.00	6800
Amarillo	211	3.09	6500
Blanco	201	2.17	6600
Breve	211	2.25	6650
Burrito	204	2.00	6533
Elotero	194	2.00	6800
Híbrido	209	2.30	6740
Negro	211	2.25	6650
Tuxpeño	204	2.25	6650
Cabeza de víbora	209	2.13	6700

La pendiente del terreno es de baja a moderada, así mismo, la técnica de labranza que se utiliza para la siembra y manejo es de manera Convencional. Aquí la plaga que más se presenta en el maíz es el gusano cogollero. Las malezas más referidas dentro de las encuestas fueron el Bledo (*Amaranthus viridis* L.), Quelite (*Amaranthus retroflexus* L.) y Girasol (*Helianthus annuus*). La forma en la cual se hace la adquisición de la semilla es regularmente por almacenamiento. Sin embargo, ya se detectaron que el 12.5% de los productores compran la semilla, y esta no es semilla criolla, es comercial (Híbridos).

Conclusiones

La producción de maíz en pequeñas unidades de producción de las partes altas del municipio de Concordia en Sinaloa cuenta con nueve tipos de maíces nativos. Esta diversidad debe ser protegida y resguardada, mediante cursos de capacitación donde se les explique la importancia de mantener este tipo de materiales, ya que la Introducción de híbridos (12.5 % de los productores) puede irse reduciendo. El maíz amarillo es el que se utiliza principalmente, más del 77% cuenta con fertilizadora y sembradora, y tractores (tres). Finalmente, se debe señalar que existe un 20 % de unidades de producción que son manejadas por mujeres, por lo que se debe considerar estrategias de capacitación y asistencia técnica específicas para ellas.

Agradecimientos

Los productores participantes de las encuestas para llevar a cabo las caracterizaciones.

Fuente de financiamiento

9321036689- Estrategia de Acompañamiento Técnico

Referencias bibliográficas

Amaro-Rosales, M., & Gortari-Rabiela, R. D. (2016). Políticas de transferencia tecnológica e innovación en el sector agrícola mexicano. Agricultura, sociedad y desarrollo, 13(3), 449-471.

Magdaleno-Hernández, E., Mejía-Contreras, A., Martínez-Saldaña, T., Jiménez-Velazquez, M. A., Sanchez-Escudero, J., & García-Cué, J. L. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, *13*(3), 437-447.

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology*, *35*(1), 227-232.

IMPLEMENTACIÓN DE ALGORITMOS PARA EL MONITOREO DE SUPERFICIES QUEMADAS EN LA REGIÓN CAÑERA NORESTE DURANTE LA ZAFRA 2023-2024

Pedro Pérez-Medina[1*], María Guadalupe Galindo-Mendoza[1], Ángel de Jesús Quiroz-Gaspar[1]

[1]Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria, Coordinación para la Innovación (LaNGIF) y Aplicación de la Ciencia y la Tecnología (CIACyT), Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
* Autor para correspondencia: pedro.medina@uaslp.mx

Palabras clave: Cosecha por quema, monitoreo, Google Earth Engine.

Introducción

La quema de desechos agrícolas es una práctica común alrededor de todo el mundo, que contribuye con 8% de la contaminación global del aire, por la emisión de gases de efecto invernadero (CO_2, N_2O, CH_4), contaminantes atmosféricos (CO, NH_3, NO_x, SO_2, NMHC), compuestos orgánicos volátiles, partículas PM y carbono negro (BC), entre otros; lo que supone una amenaza para la salud humana y el ambiente (Hernández Garcés *et al*., 2019).

Entre los objetivos de esta práctica están el de facilitar el desmonte de tierras, la absorción de nutrientes, el control de malezas y la reducción de plagas. En el caso particular de la caña de azúcar, la cosecha se realiza por el método de “doble quema”, lo que incrementa su impacto ambiental.

Además del calentamiento global, la lluvia ácida, la reducción de la productividad en los cultivos agrícolas y la pérdida de biodiversidad, la exposición directa de los humanos y otros seres vivos a la contaminación generada se asocia a enfermedades debilitantes y mortales como el cáncer de pulmón, los accidentes cerebrovasculares, las cardiopatías y la bronquitis crónica, por lo que representa el cuarto riesgo mortal para la salud en el mundo, causando una de cada diez muertes en humanos (WB y IHME, 2016).

La región cañera Noreste, ubicada entre la Sierra Madre Oriental y la llanura del Golfo de México integra a siete de los 49 ingenios azucareros que operaron en México durante la zafra 2023-2024: El Mante, en Tamaulipas; San Miguel del Naranjo, Alianza Popular, Plan de San Luis y Plan de Ayala, en San Luis Potosí, y Pánuco y El Higo, en Veracruz. Con una superficie que rebasa las 455 mil hectáreas y una producción de más de 6.8 millones de toneladas de caña de azúcar, este cultivo genera una derrama aproximada de 6.5 billones de pesos en la zona. Sin embargo, según cifras oficiales, 61.9% de la producción se cosecha mediante la realización de quemas, en tanto que los ingenios azucareros utilizan derivados de petróleo y bagazo de caña de azúcar, como principales fuentes energéticas para la realización de sus procesos (CONADESUCA, 2025).

El avance de la tecnología satelital para la observación del planeta ha permitido el monitoreo de fenómenos en superficies extensas en tiempo cuasi real y a bajo costo, y el desarrollo de la inteligencia artificial ha favorecido la automatización de los procesos, incrementando su eficiencia.

El objetivo de esta investigación es coadyuvar en el monitoreo de las superficies quemadas de la zona cañera de la región Noreste de México, y que esta información sirva como base para la estimación del impacto de esta actividad en los servicios ecosistémicos, así como para la creación de instrumentos legales que la regulen.

Materiales y métodos

Para la elaboración del padrón de la superficie de abasto de los ingenios que operan en la región cañera Noreste, se tomó como base la información cartográfica del 11° Informe Estadístico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar en México, misma que se digitalizó y georreferenció. El área de estudio se encuentra en la zona UTM 14 Norte y su Datum es WGS 1984. Para el calculó el NBR se utilizó la Fórmula 1:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (1)$$

Donde, NBR es Índice Normalizado de Área Quemada, NIR es el infrarrojo cercano y SWIR es el infrarrojo de onda corta.

No obstante, se requiere de dos fechas, una anterior y otra posterior, para medir el impacto de la quema en un área específica; por lo que se aplicó un diferencial del NBR entre ambas fechas. Para su cálculo se utilizó la Fórmula 2.

$$\partial NBR = NBR\ después\ de\ la\ quema\ - NBR\ antes\ de\ la\ quema \quad (2)$$

La selección de imágenes, se realizó con la ayuda de una plataforma de visualización de imágenes Sentinel-2 (https://browser.dataspace.copernicus.eu/), en donde se verificó la disponibilidad de imágenes con nubosidad inferior a 30% en la zona y periodo establecidos. Se seleccionaron 28 imágenes de cuatro tiles (7 por tile) de imágenes Sentinel-2, con claves: 14QML, 14QNL, 14QMK y 14QNK de las siguientes fechas: 2023-09-28, 2023-12-17, 2024-02-20, 2024-03-26, 2024-04-10, 2024-06-09, 2024-08-03.
Para el procesamiento de la información se utilizó el Code Editor de Google Earth Engine (GEE), en donde se accedió a las colecciones de conjuntos de datos satelitales y geoespaciales a través del algoritmo desarrollado para el mapeo de la severidad de la quema en zonas cañeras. Para ello, se utilizó un script en donde se definió la zona y las fechas para la realización del cálculo.
Después de obtener cada dNBR, se aplicó un factor de escala (dNBR x 103), para obtener el mapeo de severidad de la quema. Los archivos generados se descargaron en formato TIF para su visualización, y análisis, en ArcMap 10.5.

La representación de la severidad de las quemas se realizó a través de un mapa estático, siguiendo la clasificación USGS y se discriminaron los rangos inferiores a 0.100 (100 en rango escalado), ya que estas categorías obedecen a áreas no quemadas o con rebrotes. Un mayor valor de dNBR indica un daño más severo, mientras que los valores negativos pueden indicar el rebrote de la vegetación después de la quema (Baloloy *et al*., 2016). La escala del mapa es 1:100,000, con esferoide WGS 84 1984, en proyección Universal Transversal de Mercator y la cuadrícula muestra intervalos de 20,000 metros en coordenadas UTM. El área mínima cartografiable que corresponde a esta escala es de 160,000 m^2.

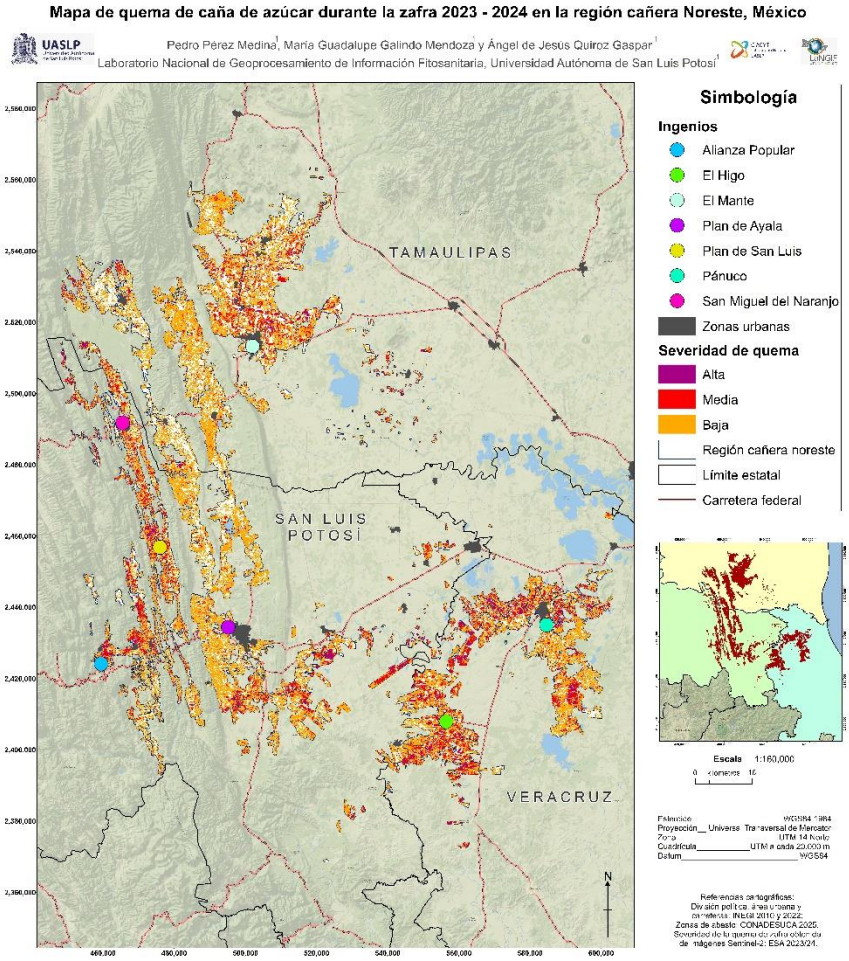


Figura 1. Severidad de quemas en la zona cañera Noreste durante la zafra 2023-2024.

Resultados

Según los cálculos realizados, la superficie quemada en la región cañera Noreste de México durante la zafra 2023-2024, fue de 177,781 hectáreas (Figura 1).

Por otra parte, CONADESUCA declara que sólo 61.9% de la producción de los ingenios de la región fue cosechado bajo el método de quema, lo que equivale a 93,552 hectáreas. Como se puede observar, la superficie declarada en estadísticas representa una tercera parte de la obtenida con imágenes de satélite. Esta diferencia también se aprecia en la distribución de las quemas. Además, con los resultados obtenidos

se pudo determinar que la mayor proporción de las quemas son de severidad moderada baja (57.8%), seguidas por la de severidad moderada alta (28.9%) y las de severidad alta (13.4%) (Cuadro 1).

Cuadro **1.** Superficie de la región cañera Noreste quemada durante la zafra 2023-2024.

Severidad	Estadísticas CONADESUCA	Google Earth Engine
Alta		34,299
Moderada alta		74,152
Moderada baja		148,259
Total	93,552	256,710

Discusión

A nivel global, la actividad cañero-azucarera tiene un alto impacto ambiental. Son pocos los países que han implementado de forma masiva y efectiva sistemas de producción más limpios. En el caso de México, no existen indicadores fidedignos que indiquen que hay una mejora en los sistemas de producción e industrialización, en términos de impacto ambiental.

Las cifras oficiales hablan de un reducido porcentaje de quemas durante la cosecha de la caña, así como de un decremento casi total del uso de combustóleo por parte de los ingenios. No obstante, investigaciones como esta, revelan la necesidad de un mayor y mejor seguimiento en las actividades que se realizan durante la producción y la industrialización de la caña de azúcar, con el fin de establecer medidas que mitiguen su impacto. Hablando específicamente de la cosecha por el método de quema, las implicaciones van desde la afectación en la salud de los seres vivos que inhalan el aire contaminado hasta el calentamiento global.

Con el surgimiento de geotecnologías como la percepción remota y los sistemas de información geográfica, se han podido monitorear eventos como la quema de la caña de azúcar durante las zafras, a través de índices como el NBR, y sus efectos con otros indicadores como el Índice de Vegetación Mejorado (EVI), la temperatura del suelo y la emisión de contaminantes como el carbono negro (BC). En los últimos años, estas tecnologías se han visto potencializadas por la automatización de procesos que ha traído consigo la inteligencia artificial. Herramientas como la plataforma Google Earth Engine, ofrecen la posibilidad de realizar monitoreo ambiental de alta precisión, bajo costo y en tiempo cuasi real, lo que incide en información veraz y oportuna de gran utilidad para tomadores de decisiones en materia ambiental.

Conclusiones

El uso de tecnologías de vanguardia constituye una herramienta poderosa en el monitoreo y vigilancia ambiental, por lo que su adopción y uso masivo serán determinantes en los próximos años para la mitigación y adaptación del cambio climático y otros servicios ecosistémicos impactados por las actividades antropogénicas como la agricultura.

Referencias bibliográficas

Baloloy, A.B., Blanco, A.C., Gana, B.S., Sta. Ana, R.C., Olalia, L.C. (2016). Landsat-based detection and severity analysis of burned sugarcane plots in Tarlac, Philippines using differenced normalized burn ratio (dNBR). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII*(4W1), 173-179. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-4-w1-173-2016

CONADESUCA. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. (2025). *Sistema Sinfocaña*. México. https://www.siiba.conadesuca.gob.mx/infocana/ (Consultado el 11 de mayo de 2025)

Hernández Garcés, A., Reynosa Valladares, M., Hernández Bilbao, F. y Canciano Fernández, J. (2019). Emisión de contaminantes atmosféricos procedentes de centrales azucareros santiagueros. *Tecnología Química*, *39*, 390-402

WB e IHME. World Bank e Institute for Health Metrics and Evaluation University of Washington IHME. (2016). *The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action*. Disponible en: https://www.worldbank.org/

PRODUCCIÓN DE AGAVE Y MEZCAL EN EL ESTADO DE OAXACA

William Zárate-Martínez[1], Karina Móreno-León[2*], José Luis Arispe-Vázquez[3], José Francisco Díaz-Nájera[4], Bulmaro Méndez-Argüello[5]

[1]C.E. Saltillo, INIFAP; [2]REFIZA-UAAAN; [3] C.E. Iguala, INIFAP; [4]CSAEGRO; [5]FMEA-UNACH.
*Autor para correspondencia: morenoiap.anirak@gmail.com

Palabras clave: *Agave angustifolia*, *Agave potatorum*, mezcal.

Introducción

En México se encuentra al menos el 90% de las especies de *Agave* que existen en el mundo (García-Mendoza, 2010). Los agaves han sido un recurso valioso desde tiempos antiguos y lo continuarán siendo debido a la amplia gama de beneficios que ofrecen y la cantidad de recursos que proporcionan (Altieri y Nicholls, 2008). Los principales usos del *Agave* son: alimento humano o animal, para la elaboración de bebidas o medicinas, como combustible, de ornato, para la obtención de fibras, abonos y para la construcción de viviendas (García-Mendoza, 2007), se utiliza también para estabilizar los suelos, evitar la erosión y prevenir la desertificación (García-Moya *et al*., 2011). Además, tienen capacidad de adsorción de plomo (Romero-González *et al*., 2007). Es importantes por las diversas clases de compuestos que contienen, los más representativos son las saponinas y las sapogeninas (Jean-François *et al*., 2024). No obstante, su uso más destacado es en la producción de bebidas alcohólicas como el tequila, la bacanora, la raicilla, el pulque y el mezcal, todas ellas con profundas conexiones históricas y culturales en México (Jean-François *et al*., 2024).

En el estado de Oaxaca, al menos 10 especies de *Agave* se utilizan específicamente para la elaboración de mezcal (García-Mendoza, 2018). Las características organolépticas del mezcal están determinadas principalmente por la especie de *Agave* utilizada, el proceso de producción y la región de origen (Hernández, 2017). Entre las principales especies de *Agave* para la elaboración de mezcal se encuentran: *Agave angustifolia* Haw (cultivada), *Agave rhodacantha* Trel. (semi-cultivada), *Agave potatorum* Zucc. (semi-cultivada), *Agave seemanniana* Jacobi (silvestre), *Agave marmorata* Roezl (silvestre), *Agave karwinskii* Zucc (silvestre), *Agave americana* L. var. americana (semi-cultivada) y *Agave americana* L. var. oaxacensis Gentry (silvestre) (García-Mendoza, 2010). Existe mucha diversidad en la producción de *Agave* y mezcal en el estado de Oaxaca, por lo cual, el objetivo de esta investigación fue analizar la producción de *Agave* y mezcal en el estado de Oaxaca, con base a la información reportada por el SIAP (2025) y el informe estadístico 2025 del COMERCAM (2025).

Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Campo Experimental Saltillo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Para recabar información relacionada a la superficie destinada a la producción de *Agave* en el estado de Oaxaca se revisó la base de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2024). Para obtener información relacionada a la producción de mezcal en el estado de Oaxaca se revisó el informe estadístico 2025 del Consejo Regulador del Mezcal (COMERCAM, 2025). Los datos numéricos recabados se vaciaron en una hoja de cálculo Excel y se organizaron en tablas y gráficas.

Resultados y discusión

La superficie destinada a la producción de *Agave* en el estado de Oaxaca se muestra en la Figura 1. Según el SIAP (2025) esta superficie era de 14,759 ha en 2010, para el año 2023 esta superficie descendió a 11,736 ha, lo cual representa una disminución del 20.48 %. La superficie se ha mantenido entre 7,748 ha en 2015 hasta 14,759 ha en 2010. La superficie cosechada en 2010 fue de 5,874 ha, en 2023 se cosecharon 3,682 ha, lo cual representa una disminución de 37 %.

El valor de la producción de *Agave* (Figura 2) en el estado de Oaxaca ha estado en constante incremento ya que pasó de $333,253,480 a $982,328,850, lo cual representa un incremento del 194.76 %. Esta tendencia no fue igual que la superficie cosechada, lo cual se debe a dos factores: a) el incremento del precio promedio de la producción y b) el incremento del rendimiento promedio del *Agave*.

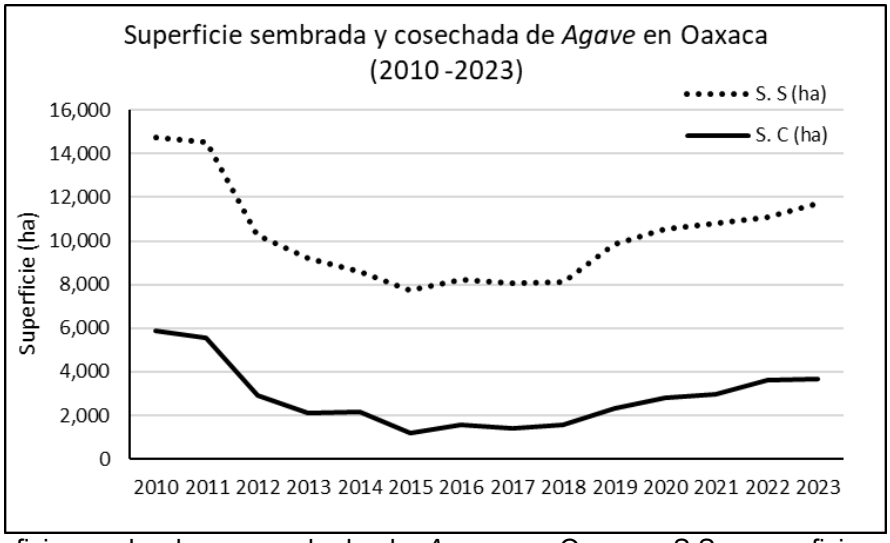


Figura 1. Superficie sembrada y cosechada de *Agave* en Oaxaca. S.S.: superficie sembrada. S.C.: superficie cosechada.

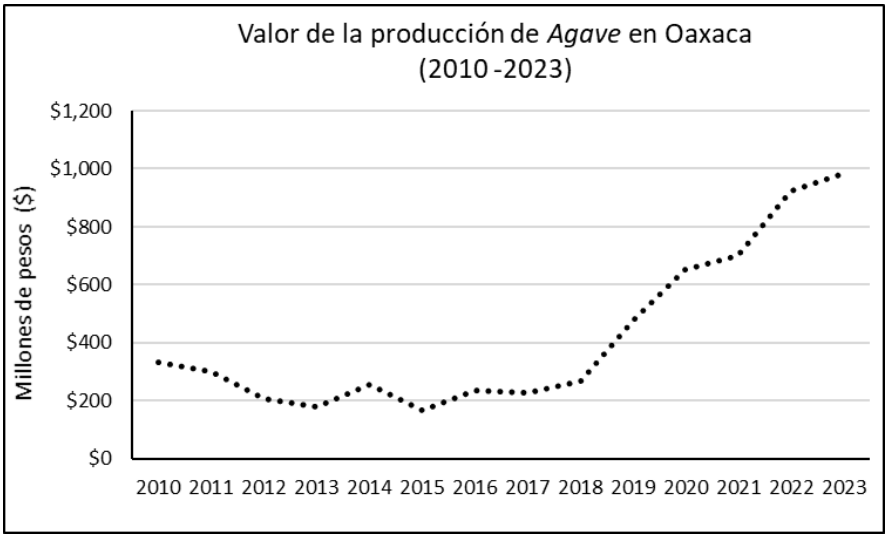


Figura 2. Valor de la producción de *Agave* en el estado de Oaxaca.

La producción nacional de mezcal ha mantenido un constante crecimiento (Figura **3**). Según el COMERCAM (2025), en 2011 la producción nacional de mezcal fue de 980,375 L, para el año 2024 la producción pasó a 11,362, 436 L, lo cual representa un incremento del 1,058.98 %. En el estado de Oaxaca, la producción de mezcal pasó de 758,810 L en 2011 a 10,305,729 L en 2024, lo cual representa un incremento del 1,258.14 %, que es superior al crecimiento nacional. Cabe señalar que en 2011 el estado de Oaxaca produjo el 77.4 % y en 2024 el 90.7 % del mezcal nacional.

La producción de mezcal en el estado de Oaxaca está en constante crecimiento, lo cual ha generado presiones sobre la cadena productiva *Agave*-mezcal. Debido a que el mezcal se produce de forma artesanal, el principal problema, al cual se enfrentan los productores es incrementar su capacidad de producción. Ante este escenario, los productores de mezcal están en una búsqueda constante de mejores mercados, lo cual les permita un mejor precio de venta y con esto incrementar sus ingresos.

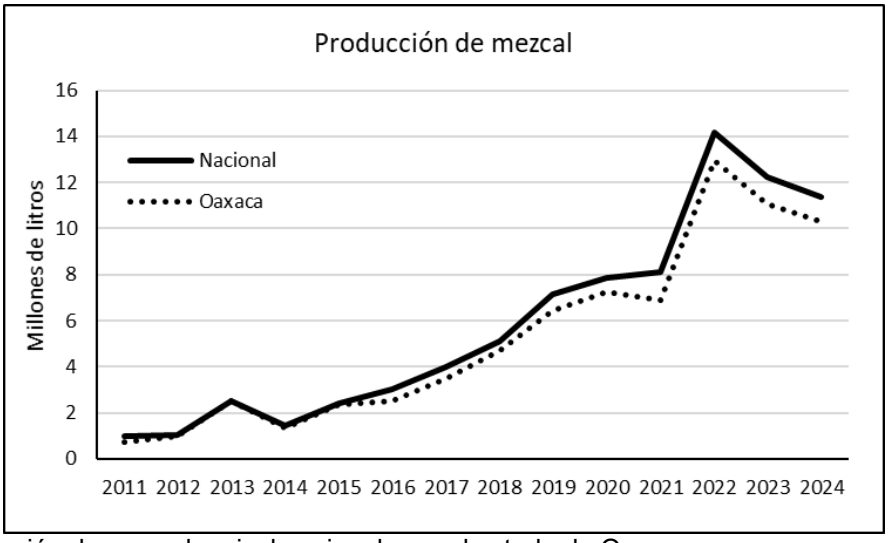


Figura 3. Producción de mezcal a nivel nacional y en el estado de Oaxaca.

Conclusiones

La superficie destinada a la producción de *Agave* y la superficie cosechada ha disminuido, lo cual indica la atención que se ha puesto al incremento del rendimiento del *Agave*. La producción de mezcal muestra un crecimiento constante, el cual, ha sido impulsado por el mercado internacional. El crecimiento ha sido mayor en el estado de Oaxaca, lo cual, generará una mayor demanda de materia prima y por lo tanto una necesidad de incrementar la superficie destinada a la producción de *Agave*. Ante dicho escenario es importante poner atención a la cadena productiva *Agave*-mezcal en el estado de Oaxaca.

Agradecimientos

Productores de Agave y mezcal del estado de Oaxaca.

Referencias bibliográficas

COMERCAM (Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C.). 2025. Informe estadístico 2025. 20 paginas. https://comercam-dom.org.mx/wp-content/uploads/2025/06/INFORME_PUBLICO2025.pdf

García-Mendoza, A. (2007). Los agaves de México. Ciencias. 87: 14-23. https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/12113

García-Mendoza, A.J. 2010. Revisión taxonómica del complejo Agave potatorum Zucc. (Agavaceae): nuevos taxa y neotipificación. Acta Botánica Mexicana. 91: 71-93. https://doi.org/10.21829/abm91.2010.292

Hernández, L. J. J. 2017. El mezcal como patrimonio social: de indicaciones geográficas genéricas a denominaciones de origen regionales. Em Questão. 24(2). 404-433. https://doi.org/10.19132/1808-5245242.404-433

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2025. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

CONTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN FAMILIAR A LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA Y A LA SUSTENTABILIDAD

Gabriela Michelle Rodríguez González[1]*, Hugo Magdaleno Ramírez Tobías[1], Fabiola Villegas Rodríguez[1], Juan Antonio Reyes Agüero[2]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria UASLP; [2]Instituto de Investigación de Zonas Desérticas UASLP.
*Autor para correspondencia: a264526@alumnos.uaslp.mx

Palabras clave: Autosuficiencia alimentaria, huerto familiar, agroecología.

Introducción

Los huertos familiares representan una práctica tradicional de producción de alimentos para el autoconsumo y el aprovechamiento de recursos locales en zonas rurales, semiurbanas y urbanas. Estos sistemas también permiten diversificar la dieta de las familias y reducir la dependencia de productos externos. No obstante, existe poca o nula información acerca de la aportación que tienen estos espacios a la demanda alimenticia de las familias. El presente estudio tuvo como objetivo estimar la aportación nutricional de un modelo de huerto familiar diseñado *a priori* que contribuya a la autosuficiencia alimentaria de los distintos hogares rurales, semiurbanos y urbanos.

Materiales y métodos

La metodología se desarrolló en varias etapas. Primero, se caracterizó el tamaño y composición por edad y sexo de las familias en zonas rurales, semiurbanas y urbanas de la región centro del estado de San Luis Potosí, utilizando microdatos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2022). Posteriormente, se calcularon los requerimientos energéticos y de macronutrientes según el tamaño de localidad (rural, semiurbano, urbano), con base en parámetros del Instituto Nacional de Salud Pública y la Secretaría de Salud de México. Finalmente, se elaboró y estableció una propuesta de huerto familiar para una superficie de 92 m², que consideró las características de huertos familiares de la región, así como criterios agroecológicos. Luego, se estimó la aportación nutricional de las plantas cultivadas en el modelo de huerto mediante el registro del peso fresco de la producción cosechada, estimando su contribución calórica y de carbohidratos usando las Tablas de Composición de Alimentos del Instituto Nacional De Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INNSZ, 2019). Los cálculos requeridos fueron realizados en RStudio (v.4.3.1) con los paquetes tidyverse, dplyr, ggplot2 y showtext.

Resultados y discusión

Con base en la producción de la superficie cosechada (92 m²), en un periodo de un año y con la producción de 17 especies distintas de plantas en el huerto, se estimó que el modelo de huerto familiar puede aportar 49,043 kcal y 10,137 g de carbohidratos. Entre los cultivos con mayor aporte energético destacan el maíz (40,150 kcal y 8,173 g de carbohidratos), la zanahoria (4,510 kcal y 1,100 g de carbohidratos) y las habas (1,637 kcal y 280 g de carbohidratos). Otras especies como la acelga, papa, cebolla y tomatillo complementan la diversidad nutricional del sistema, mientras que cultivos de menor volumen como la verdolaga y el perejil aportan cantidades menores, contribuyen a la variedad de la dieta de las familias (Cuadro 1).

Por otro lado, nuestro análisis del tamaño y composición de las familias nos permitió establecer que las familias en el entorno rural tienen más integrantes, seguido de las familias en el entorno semiurbano y al final aquellas del entorno urbano (Cuadro 2).

La demanda energética anual es mayor en las familias rurales, seguido de las semiurbanas y finalmente las urbanas. Esta diferencia implica que, aun con la misma producción del huerto, su contribución a las necesidades nutricionales no será la misma entre las distintas familias. Estos resultados fueron comparados con los requerimientos energéticos y de carbohidratos anuales de las familias promedio de cada entorno (rural, semiurbano y urbano) con la producción total del huerto, considerando al integrante más representativo en términos de demanda nutricional. Por ejemplo, considerando el total de 49,043 kcal y 10, 137 g de carbohidratos que produce el huerto al año, se estimó un aporte aproximado de 35 días de energía y 78 días de carbohidratos para los menores de edad en familias rurales y semiurbanas. En contraste, en las familias urbanas, donde el integrante representativo es un hombre adulto con mayor demanda diaria, la cobertura se reduce a 20 días de energía y 34 días de carbohidratos.

Cuadro 1. Aporte calórico y de carbohidratos anuales por especie cultivada en el huerto familiar (92 m²), con base en la cantidad cosechada entre agosto de 2024 y junio de 2025.

Especies cosechadas	Cantidad cosechada (kg)	Energía (kcal)	Carbohidratos (g)
Acelga *(Beta vulgaris)*	1.27	254	47
Ajo *(Allium sativum)*	0.05	80	18
Calabaza *(Cucurbita pepo)*	0.10	27	7
Cebolla *(Allium cepa)*	0.29	116	27
Cilantro *(Coriandrum sativum)*	1.00	230	37
Ejote *(Phaseolus vulgaris)*	0.02	7	2
Espinaca *(Spinacia oleracea)*	0.25	57	9
Habas *(Vicia faba)*	0.48	1,637	280
Lechuga *(Lactuca sativa)*	0.06	9	2
Maíz *(Zea mays)*	11.00	40,150	8,173
Papa *(Solanum tuberosum)*	0.65	501	114
Perejil *(Petroselinum crispum)*	0.01	4	1
Rábano *(Raphanus sativus)*	0.08	12	3
Repollo *(Brassica oleracea* var. capitata)	4.90	1,226	284
Tomatillo *(Physalis ixocarpa)*	0.60	192	31
Verdolaga *(Portulaca oleracea)*	0.15	30	5
Zanahoria *(Daucus carota)*	11.00	4,510	1,100

Cuadro 2. Requerimiento energético y de carbohidratos anual estimado por tipo de familia según el entorno.

Entorno	Requerimiento de energía (kcal)	Requerimiento de carbohidratos (g)
Rural (4.2 personas promedio)	4,154,795	533,831
Semiurbano (3.7 personas promedio)	2,747,355	345,034
Urbano (3.4 personas promedio)	2,611,575	337,424

Por lo tanto, la eficacia del huerto no depende únicamente de su rendimiento, sino también del perfil nutricional de los integrantes y del tamaño del hogar, aspectos que deben considerarse en el diseño y planificación para mejorar su impacto en la autosuficiencia alimentaria.

Vásquez-Dávila *et al*. (2021) analizaron la contribución de la milpa a la autosuficiencia alimentaria considerando la aportación de energía, carbohidratos, proteínas y micronutrientes como calcio, hierro y vitaminas del complejo B, aunque identificaron deficiencias en zinc y vitaminas A y C. En su estudio, una ha de milpa (10 000 m^2) logró cubrir la demanda nutricional de hasta tres personas por año, es decir, aproximadamente 3,333 m^2 por persona. Nuestro modelo de estudio alcanza una cobertura nutricional, en una superficie de 92 m^2 del 5.9% del requerimiento calórico y el 9.3 % del requerimiento de carbohidratos necesarios para un adulto. Se destaca, por tanto, su potencial para fortalecer la autosuficiencia alimentaria en regiones semiáridas como San Luis Potosí, mediante la diversidad y manejo adaptado a distintos tipos de hogares.

Conclusiones

El modelo de huerto familiar puede cubrir parcialmente los requerimientos energéticos y de carbohidratos de una persona o familia, siendo más relevante en entornos rurales y semiurbanos donde predominan los menores de edad. Además, tiene un potencial considerable para diversificar la dieta familiar. Este sistema de producción representa una estrategia viable para mejorar el acceso a alimentos frescos incluso en pequeños espacios gestionados bajo principios agroecológicos.

Agradecimientos

Se agradece al comité de investigación por su orientación durante la investigación, compañeros y personas que colaboraron en la implementación del huerto. Este trabajo forma parte del proyecto de tesis de maestría en Ciencias Agropecuarias, apoyado por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Fuente financiadora
Este trabajo fue posible gracias al apoyo de la beca otorgada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT).

Referencias

ENIGH (2022). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. INEGI.

INNSZ (2019). Tablas de Composición de Alimentos. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Secretaría de Salud / INSP (2014). Recomendaciones de Ingestión de Nutrimentos.

Vásquez-Dávila, M. A. *et al*. (2021). The importance of the traditional milpa in food security and nutritional self-sufficiency in the highlands of Oaxaca, Mexico. PLOS ONE, 16(2): e0246281.

SABERES CAMPESINOS DEL SISTEMA ALIMENTARIO TRADICIONAL DEL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO

Paola Carolina Gómez-Carreño[1]*, Mercedes Aurelia Jiménez-Velázquez[2]
José Luís García-Cué[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro, Campo Experimental Bajío: Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, C. P. 38010 Celaya, Guanajuato, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo Programa de Posgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática: 36.5 Carretera México-Texcoco C.P. 56264, Montecillo, Texcoco Estado de México.
*Autora para correspondencia: gomez.paola@inifap.gob.mx

Palabras clave: Alimentación, seguridad alimentaria, conocimiento generacional.

Introducción

Existen dos sistemas de producción de alimentos, el Sistema de Producción Alimentario basado en la Agricultura Tradicional (SPAAT) compuesto por sistemas de producción y distribución liderados por pequeños agricultores, campesinos e indígenas; y redes locales de comercialización y abastecimiento, articulados en torno a unidades productivas familiares y comunitarias. Por otro lado, el Sistema Alimentario basado en la Agroindustria (SAA) tiene como sostén los sistemas productivos agroindustriales de producción, principalmente de mediana y gran escala, ligados a cadenas de insumos importados y mecanismos de exportación de orden regional y global (ONU, 2021).

Los sistemas alimentarios tradicionales son una parte integral de la cultura y forma de vida de los pueblos originarios (Guzmán, 2013). La comida es mucho más que sólo nutrición, pues define su identidad y herencia cultural. Se pueden caracterizar por su adaptación al medioambiente, biodiversidad, usos ligados a significados simbólicos (Torres *et al*., 2019). Esto permite entender el carácter heterogéneo de la alimentación, culturalmente articulan gran variedad de especies aceptadas como comida, tecnologías ancestrales conservadas para cultivar y procesar los alimentos; así como, estructuras sociales desarrolladas para la selección de los mismos. La investigación planteó como objetivo: identificar los elementos que conforman el sistema alimentario tradicional en comunidades del Valle del Mezquital, Hidalgo.

Materiales y métodos

Se utilizó metodología con un enfoque cualitativo, técnicas de investigación social a través del método etnográfico: observación participante, entrevistas a profundidad y grupos focales para lograr la caracterización del sistema alimentario tradicional de dos municipios: Zempoala y San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo; ambos forman parte de la región conocida como Valle del Mezquital. Se trabajó con 44 productoras y productores beneficiarios del programa Producción para el Bienestar, quienes participaron en recorridos y talleres durante los meses de mayo a julio en 2024. Para las entrevistas, se seleccionaron a 6 familias para responder preguntas de un guion semiestructurado previamente elaborado para dicha actividad, se llevó a cabo en agosto de 2024.

En el análisis de los datos recabados, primero se realizó una codificación temática de los elementos principales del sistema alimentario tradicional basado en un análisis narrativo de las palabras y relatos recabadas a lo largo de la investigación. De tal forma, lograr una caracterización de los aspectos que conforman el sistema alimentario tradicional del Valle del Mezquital.

Resultados y discusión

El sistema alimentario tradicional de comunidades del Valle del Mezquital, se sustenta en cuatro pilares para su producción: recolección, milpa, huerto familiar y animales de corral. Asimismo, se integra con cuatro recursos importantes para la adquisición de alimentos ajenos a la familia: el trabajo asalariado, remesas enviadas, apoyos gubernamentales y el mercado local (Figura 1). De tal forma, la unidad económica campesina de la región logra satisfacer sus gustos, adquisición y preferencias alimenticias para transformar toda su producción y aprovechar alimentos variados y nutritivos que preservan sus saberes alimentarios heredados.

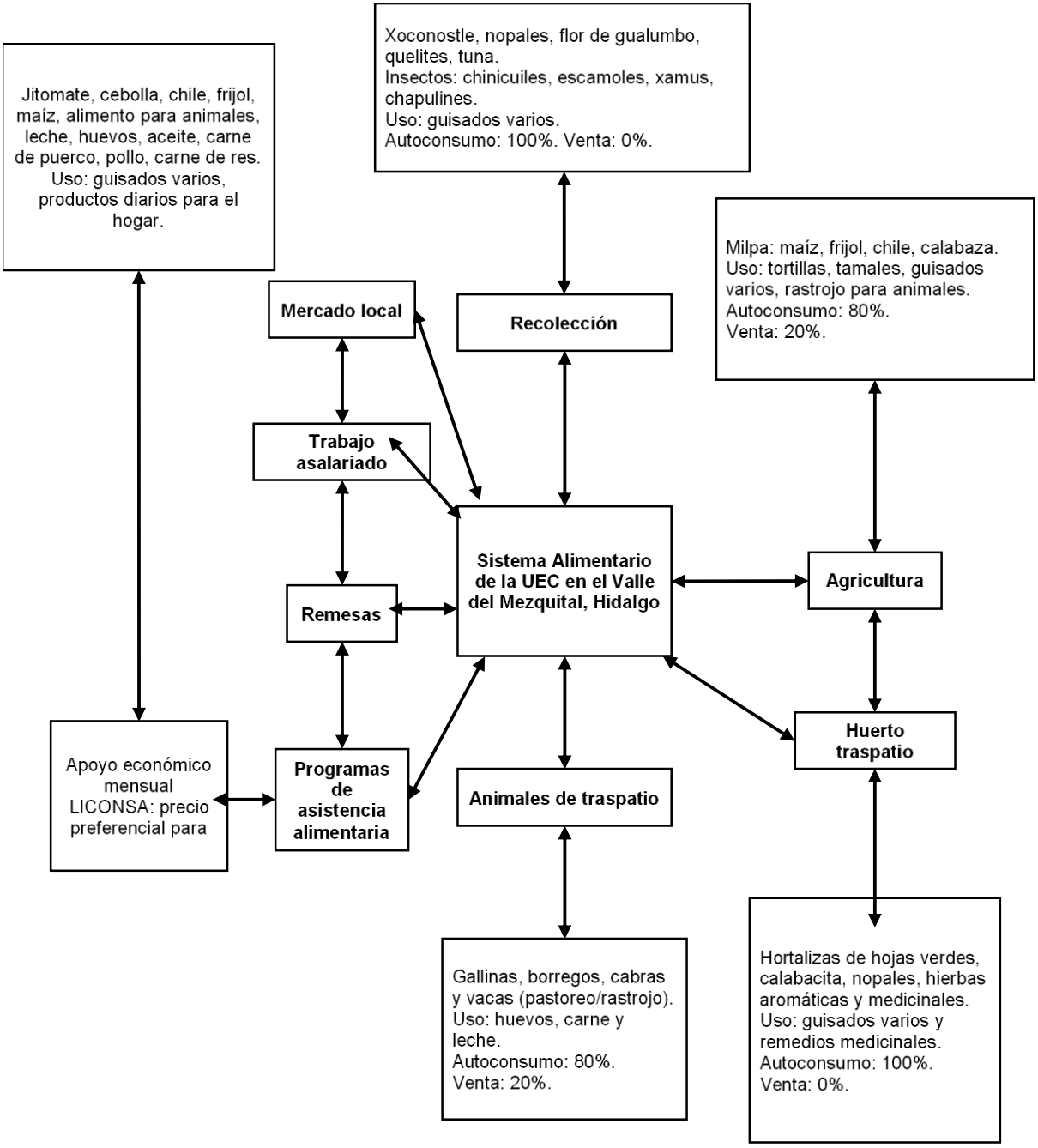


Figura 1. Sistema alimentario del Valle del Mezquital, Hidalgo. Fuente: Entrevistas a profundidad, 2024.

Conclusiones

El sistema alimentario tradicional del Valle del Mezquital en Hidalgo, como otros sistemas alimentarios en México, es resultado de un proceso sociohistórico cultural de adaptación desde las poblaciones nómadas que practicaban la recolección, la caza y la pesca hasta la domesticación de las especies vegetales y animales. Así, llegar al día de hoy a contar con una agricultura, ganadería y recolecta de alimentos locales basados en conocimientos ancestrales que reflejan los saberes campesinos de la región. La importancia de estudiarlo implica conocer sus propias características desde la producción, consumo y transformación que lo sustentan, poder fortalecerlo con el propósito de alcanzar no solo la seguridad sino la soberanía alimentaria de las familias campesinas del área de estudio.

Agradecimientos y fuente financiadora

Una especial mención y agradecimiento al INIFAP Sitio Experimental Hidalgo por su apoyo logístico para las actividades realizadas; así como al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. PSEI- Desarrollo Rural por el apoyo económico y facilidades brindadas para cumplir con la investigación.

Referencias bibliográficas

Guzmán, J. (2013). Caracterización de los sistemas alimentarios de los pueblos indígenas de México. Colección Estudios e Investigaciones. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria: Cámara de Diputados, LXII Legislatura

Lugo-Morin DR. 2020. Indigenous communities and their food systems: a contribution to the current debate. Journal of Ethnic Foods. 7(6): 1-10

Organización de las Naciones Unidas. (2021) Cumbre de Naciones Unidas sobre Sistemas Alimentarios.

Torres, A., Caso L., & Aliphat, M. (2019). Conocimiento ecológico, alimentación tradicional y clasificación frío-caliente: la perspectiva de los niños tseltales de Tenejapa, Chiapas. LiminaR, 17(2), 148-166. https://doi.org/10.29043/liminar.v17i2.673

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DEL AGROECOSISTEMA MAÍZ DE LA COMUNIDAD DE BACABCHEN, CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO

Mónica Dalila Hernández-Díaz[1], Dulce Icela Piste-Poot, Verónica Rosales-Martínez[1-2*], Carolina Flota-Bañuelos[1-2], Silvia Fraire-Cordero, Lorena Casanova-Pérez[3]

[1]Postgrado BIOSAT-Colegio de Postgraduados Campus Campeche, [2]Investigadores por México SECIHTI. [3]Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense.
Autor para correspondencia: vrosales@colpos.mx

Palabras clave: Encuesta, índice, *Zea mays*.

Introducción

El maíz es uno de los cultivos alimentarios más importantes del mundo, tan solo en el año 2021 representó el 40% de la producción mundial de cereales. Es considerado el cultivo más importante en término de volumen de producción y consumo humano; en el mismo año, la superficie cultivada en el mundo fue mayor a 1600 millones de ha, México ocupó el séptimo lugar entre los países con mayor producción de maíz (Cruz-González *et al*., 2024) con una producción de 27 millones de toneladas. Se cultiva en los 32 estados del país, y lo principales estados productores son Sinaloa, Jalisco, Estado de México, Guanajuato y Michoacán (SADER, 2023).

El sector agrícola en general ha sufrido una serie de cambios durante años, cambios que han impactado en el ambiente, originados por el desarrollo de la agricultura convencional, donde muchas de sus prácticas se consideran no sustentables; entiéndase a la sustentabilidad como el "desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras" (Franco-Valderrama *et al*., 2022). Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el índice de sustentabilidad económica, ambiental y social del agroecosistema maíz de la comunidad de Bacabchén, Calkiní, Campeche.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la comunidad de Bacabchen, pertenece al municipio de Calkiní en el estado de Campeche. Se encuentra a una latitud de 20. 2881º o 20º17´20´´norte a una longitud de -90.05641º o 90º3´23´´ oeste, a una altitud de 13 msnm. Con una población de 3,130 personas, donde 1,585 son mujeres y 1,545 son hombres. La principal actividad económica es la agricultura y los cultivos principales son maíz grano, sandía, jitomate y hortalizas.

Esta investigación es de tipo exploratoria-descriptiva y en ella se propuso evaluar tres dimensiones de la sustentabilidad: económica, ambiental y social. Para ello se construyeron los indicadores para cada dimensión, se otorgó una valoración a cada respuesta esperada, y así construir cada pregunta contenida en un cuestionario para la colecta de la información. Dicho cuestionario se aplicó a través de una encuesta a pobladores de la localidad de Bacabchén en la que participaron 30 productores de maíz blanco. Se consideró al agroecosistema maíz como sustentable cuando alcanzó valores iguales o superiores a 2, de acuerdo con Sarandón *et al*. (2006).

Resultados y discusión

Sustentabilidad económica. Con respecto al indicador obtenido de la dimensión económica, se puede visualizar que existen componentes con una valoración mínima y máxima, esto refleja las prácticas sustentables y no sustentables de los campesinos del agroecosistema maíz en la comunidad de Bacabchen; por ejemplo, el indicador con mayor valor fue el de costo por ha para abono (INV ABO=2.9) y el de menor valor fue el de costo por ha para mano de obra (INV MAOB=0.43). En el estado de Campeche la mayoría de las labores para este cultivo son realizadas de forma manual, mediante uso de rastra agrícola y semillas criollas. Asimismo, lo afirmado por Gonzales- Flores *et al*. (2020), en que, si bien la implementación de alguna tecnología, fertilizantes o pesticidas incide en el aumento de los rendimientos también incrementa los costos de producción del maíz incluyendo los costos de mantenimiento y los costos de la mano de obra.

De esta manera se observó que todos los indicadores obtenidos para esta dimensión no alcanzaron el valor de 2, por tanto, se observa que no son sustentables de acuerdo con Sarandón *et al*. (2006).

Sustentabilidad ambiental. Respecto a la evaluación de la sustentabilidad ambiental, se observa que los indicadores con los valores más bajos fueron Aprovechamiento de residuos en el agroecosistema y zonas de conservación (APROV RES y ZONAS CON=0) y el de mayor valor fue el de número de productos orgánicos (NO. PROD ORG=1.5) (Figura 2). El uso de los productos químicos para el cultivo de maíz provoca contaminación del suelo y agua y alteración al medio ambiente, lo que propicia ser un sistema productivo de maíz, vulnerable biológicamente e insostenible, se necesita usar más abonos orgánicos que ocasionen menor impacto, económico, productivo y ambiental, para mantener un balance ecológico de la biodiversidad y efecto positivo en la conservación del suelo y los recursos naturales (González-Flores *et al*., 2020).

Sustentabilidad sociocultural. Con respecto a la dimensión sociocultural, se observa que el indicador con valor más bajo fue el de Permanencia en las organizaciones (PERM ORGN=0.33) y los indicadores con valores más altos fueron el de Condiciones de la vivienda y el de Días trabajados a la semana (COND VIV y D TRAB SEM=3) (Figura 3).

Lo anterior se puede atribuir a la incapacidad de agrupación y asociación de productores de manera formal e informal en el sector agropecuario, lo cual es un problema común en cualquier región de México como consecuencia de malas experiencias con asociaciones pasadas y a la costumbre de trabajar de manera individual.

Por otra parte, el valor de los indicadores sobresalientes (COND VIV y D TRAB SEM) se explica a las decisiones propias del jefe de familia en cuanto a la permanencia en su unidad productiva.

Índice de Sustentabilidad General del Agroecosistema Maíz Blanco

Se encontró que, tanto el indicador económico como el ambiental se

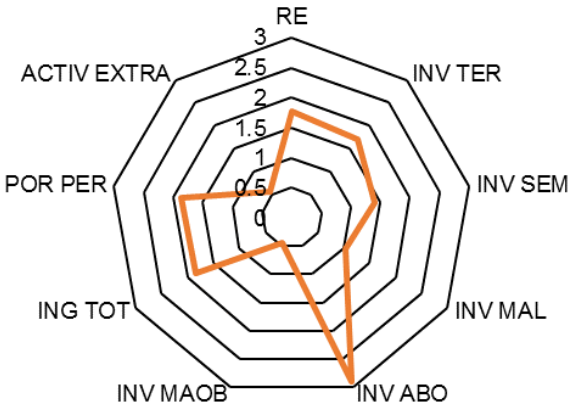


Figura 1. Índice de sustentabilidad económica. Indicadores de sustentabilidad económica del AES maíz en la comunidad de Bacabchén, Calkiní, Campeche.

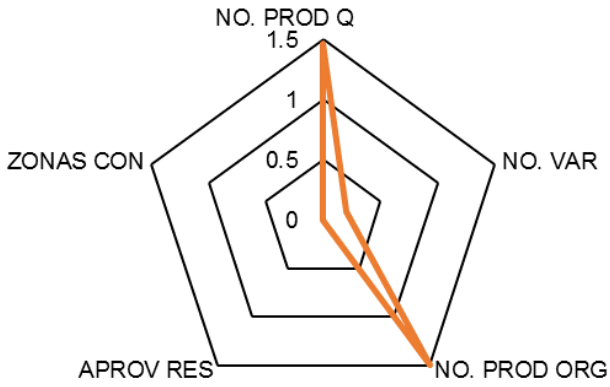


Figura 2. Índice de sustentabilidad ambiental. Indicadores de sustentabilidad ambiental del AES maíz en la comunidad de Bacabchén, Calkiní, Campeche.

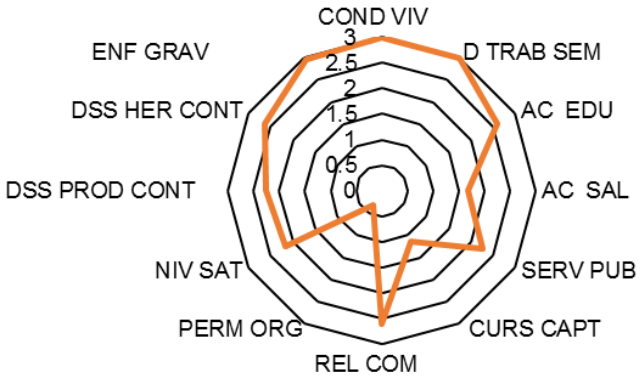


Figura 3. Índice de sustentabilidad sociocultural. Indicadores de sustentabilidad sociocultural del AES maíz en la comunidad de Bacabchén, Calkiní, Campeche.

encuentran por debajo del valor umbral 2 (1.71 y 0.72, respectivamente) para considerarse como sustentable de acuerdo con Sarandón *et al*. (2006), fue sólo este indicador sociocultural que se encontró con valor de 2. 08.

Conclusiones

Debido a diversas prácticas que los productores realizan en el agroecosistema maíz de la comunidad de Bacabchén, Campeche, se consideró que este agroecosistema no es sustentable con un valor de 1.50.
Ante esta situación, es necesario enfocar estrategias sostenibles encaminadas al manejo del agroecosistema en los aspectos sociales, económicos y ambientales, dado que la importancia radica en la de proveer un grano básico identitario del cual dependemos todos los mexicanos.

Agradecimientos

Al proyecto Investigadores por México SECIHTI 7108 “Rescate de saberes agrícolas en los agroecosistemas para el diseño de estrategias sostenibles y contribuir a la soberanía alimentaria en campeche” y al Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

Referencias bibliográficas

Cruz-González, A., Arteaga-Ramírez, R., Sánchez-Cohen, I., Soria-Ruiz, J., Monterroso-Rivas, A.I. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. DOI: https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327

Franco-Valderrama A.M., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V.G., Ramírez-Hernández, J.J. (2022). Sustentabilidad del sistema de producción de limón persa en Martínez de la Torre, Veracruz. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* https://doi.org/10.22231/asyd. v19i2.1376

González-Flores, S., Guajardo, L.G., Almeraya-Quintero, S.X., Pérez-Hernández, L. M., Sangerman-Jarquín, D.M. (2020). Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de maíz en Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas.* 11(7), 1565-1578.

SADER. (2023). (Maíz, cultivo de México. 2023. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | 10 de marzo de 2023, en https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-cultivodemexico#:text=Cultivo%20de%20ma%C3 %ADz%20en%20M%C3 %A9xico,los%2032 %20estados%20del%20pa%C3 %ADs.)

Sarandón, S.J., Zuluaga, M.S. Cieza, R. Gómez, C. Janjetic, L. Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. Agroecología,1. pp.19-28.

MODELO CANVAS APLICABLE A UNA IDEA DE NEGOCIO EN EL SECTOR RURAL DE TEXCALTITLA TAXCO DE ALARCÓN, GUERRERO

Lessly Gabriela López Velázquez[1]*, Pablo Noé Núñez-Aragón[1], Gustavo Adolfo Martínez Núñez[1], Aldo Brecher Adrián Ibarra[1], Petra Andrade-Hoyos [2]*

[1]CEP-CSAEGRO, [2] Campo experimental Zacatepec, INIFAP.
Autor para correspondencia: lessly.lopez@csaegro.edu.mx; andrade.petra@inifap.gob.mx

Palabras clave: Emprendimiento, CANVAS, planeación.

Introducción

La problemática del desarrollo rural se caracteriza por problemas estructurales como la falta de acceso a servicios básicos, limitadas oportunidades de empleo, bajos niveles de educación, escasa infraestructura y dificultad para acceder a mercados y tecnología. Estos factores generan una brecha significativa entre las zonas urbanas y rurales, reproduciendo la pobreza y frenando el progreso social y económico en las comunidades del campo (Ávila, 2014). En este contexto, el liderazgo y el emprendimiento surgen como una alternativa viable y prometedora para impulsar el desarrollo rural. La promoción de la cultura emprendedora y la creación de pequeñas empresas, especialmente en sectores como la agroindustria y el turismo rural sostenible, contribuyen a dinamizar la economía local, diversificar fuentes de ingresos y fortalecer la identidad cultural de las comunidades, además de abrir espacios para la innovación y la creatividad materializando proyectos viables de ideas que la gente propone (López, 2022). El objetivo de este trabajo es aplicar el modelo *CANVAS* y la planeación estratégica a una idea de negocio detectada en la localidad de Texcaltitla, Taxco de Alarcón, Guerrero. El modelo de negocio CANVAS (o *Business Model CANVAS)* es una herramienta visual y estratégica que permite diseñar, describir, analizar y mejorar un modelo de negocio de forma clara y sencilla permite explicar de manera sencilla como operará el negocio (Aguilar *et al.*, 2021), se considera la herramienta más utilizada en el desarrollo empresarial, mientras que la planeación estratégica permite definir el rumbo de la empresa.

Materiales y métodos

La metodología empleada es de tipo cualitativa con un diseño descriptivo y explicativo. Se inició identificando y delimitando claramente la idea de negocio en el área de estudio que fue en la localidad de Texcaltitla, Taxco de Alarcón, Guerrero, esto implicó hacer un estudio prospectivo combinado con la técnica de la observación participativa para identificar una necesidad no satisfecha específica en el entorno, posteriormente se seleccionó el modelo de negocio para desarrollar la idea. Se seleccionó el modelo CANVAS como la herramienta metodológica principal para estructurar y visualizar las acciones concretas y operativas del negocio. Por otro lado, también se utilizó la planeación estratégica (matriz FODA) para definir la formalidad de la idea de negocio en una organización, definir su rumbo y lograr sus objetivos a largo plazo.

Resultados y discusión

Se encontró que los productores de la localidad de Texcaltitla, Taxco de Alarcón, Guerrero, tienen problemas de bajo peso en el ganado bovino, situación que se deriva de la mala alimentación, la cual es, en su mayoría, mezclas de gallinaza con milpa o sorgo molido, además se observó que no se aprovecha el potencial del material vegetal que se tiene en la región, ya sea por falta de conocimiento o de estudios que indiquen sus propiedades. Derivado de la iniciativa y del liderazgo de productores, se propuso aprovechar los cultivos que la región produce (la soya, avena y maíz) y también aquellos que se obtienen de manera silvestre (moringa y girasol) para la elaboración de un producto e iniciar una actividad productiva nueva en la región. La idea de negocio que surgió fue crear un alimento que contenga un adecuado contenido proteínico para mejorar la alimentación del ganado bovino. Mediante una investigación se formuló una dieta especifica diseñada para aumentar el peso en el ganado y una vez seleccionados el material vegetal adecuado se procedió a darle un procesamiento agroindustrial para transformarlos en pellets.

Con la creación de este alimento se contribuye al mejoramiento de la alimentación bovina de la región, al impulso de sector agroindustrial en la zona y se activa economía de los productores. Se presenta el lienzo de negocios en un formato dividido en 9 bloques clave, que resumen cómo opera el negocio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lienzo del modelo CANVAS de la empresa rural.

<table>
<tr><th colspan="2">CÓMO (infraestructura)</th><th>QUÉ (oferta)</th><th colspan="2">QUIÉNES (clientes)</th></tr>
<tr>
<td rowspan="2">Socios clave
Alianzas con asociaciones ganaderas.
Proveedores de semillas.
Profesionales del área pecuaria.
Gobierno del Estado (apoyos).
Agencias certificadoras.
Academia.
Secretaria de Economía y SAT.</td>
<td>Actividades clave
Manejo de cultivos, (moringa, soya, avena, salvado de trigo, minerales, melaza, harina de girasol y maíz molido).
Diseño y formulación de dietas.
Procesamiento de la materia prima.
Empaque, Distribución y venta.
Formalización legal de la organización.</td>
<td rowspan="2">Problemática o necesidad: Mala alimentación animal origina baja producción de carne bovina.
Propósito: Mejorar el alimento que consume el ganado bovino

Propuesta de valor
Crear alimentos aprovechando el potencial del material biológico vegetativo de la región, por medio de la formulación de dietas científicamente diseñadas para maximizar principalmente la producción de carne del ganado bovino, reducir los costos y promover una ganadería sostenible.</td>
<td>Relación con los clientes
Talleres participativos, encuesta de opinión Vistas directas, Asesoramiento y acompañamiento personal y remoto.
Uso de redes sociales, grupos, ofertas y premios de lanzamiento a clientes frecuentes, descuentos del 5 al 10% en primeras compras.</td>
<td rowspan="2">Segmento de clientes
El producto va dirigido a pequeños, medianos y grandes productores del sector pecuario, que tienen el interés y el presupuesto necesario para adquirir un producto que les ayude a maximizar y mejorar la calidad y el volumen de carne de su ganado bovino, interesados en probar nuevas alternativas a precios justos.
Otros beneficiarios: consumidores finales.</td>
</tr>
<tr>
<td>Recursos clave
Material biológico vegetativo de la región.
Mano de obra.
Conocimiento científico.
Infraestructura.
Implementos.
Certificaciones.</td>
<td>Canales de Distribución
Ventas en campo, ventas por vía telefónica, distribución en tiendas locales, atención directa y personalizada también en línea a través de aplicaciones y paginas digitales.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="3">Costos
Costos de producción, Compra de activos y Mano de obra. Estimado de costos totales por bulto es de $580, se espera una producción mensual de 300 costales equivalente en costos a $174,000.</td>
<td colspan="2">Ingresos
Se considera una ganancia del 27.5% por bulto, los ingresos totales mensuales generados a partir de la venta de 300 bultos a un precio de $800 descontando costos ascienden a $66,000 pesos mensuales.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="5">CUANTO</td>
</tr>
</table>

En el Cuadro 2 se puede observar la planeación estratégica que se desarrolló, trabajando el diagnóstico interno y externo de la organización, esto con el fin del desarrollo empresarial de la actividad en una organización formalmente constituida. Considerar la formalidad en los emprendimientos es de importancia ya que la falta de ella, muchas veces resulta ser el motivo de la deserción de las microempresas en el primer año de vida, entre los beneficios que traer la formalidad en el sector rural se encuentra algunas exenciones de impuesto en el ISR (LISR,2014) y otros beneficios ficales en el impuesto al valor agregado (LIVA, 2024).

Cuadro 2. Planeación estratégica de la empresa rural.

Nombre legal de la empresa: ALIGARES S.P.R de R.L **Marca o nombre comercial de la microempresa: "**CSA MEX" **Visión**: Ser reconocidos como una empresa líder en la creación de alimento para ganado bovino en la Región Sur de México. **Misión:** Innovar dietas alimenticias científicamente formuladas para el mejoramiento animal **Objetivo:** Transformar e innovar la alimentación animal con productos naturales y sostenibles ofrecidos a precios accesibles. **Valores:** Innovación, sostenibilidad, responsabilidad y compromiso **Eslogan:** "El poder de lo natural para tu animal".	Logotipo 

Conclusiones

La planeación estratégica y el modelo CANVAS son herramientas complementarias fundamentales para el desarrollo empresarial en cualquier sector, al integrarse ambos enfoques de manera articulada fortalece el desarrollo empresarial, facilitando la creación de valor y la implementación efectiva de estrategias, se impulsa la innovación, mejora la capacidad de adaptación y aumenta las probabilidades de éxito y sostenibilidad en el entorno empresarial actual.

Referencias bibliográficas

Aguilar A., Vargas T., y Hernández V. (2021). "Lienzo de Negocios Proyectual: Nuevos Bloques y Dimensiones". UNAEH; Instituto de Ciencias Económico Administrativas.

López, J. (2022). Desafíos y oportunidades para el desarrollo de los emprendimientos en la agroindustria rural en Nicaragua. (UNAN-Managua). Nicaragua.

Ávila, P. (2014). Urbanización, poder local y conflictos ambientales en Morelia. En A. Vieyra, yA. Larrazábal, (coords). *Urbanización, sociedad y ambiente: experiencias en ciudades medias*. (pp.121-147). UNAM. México.

LISR. (2024). Ley del Impuesto sobre la Renta. (última reforma 2024). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación.

LIVA. (2024). Ley del Impuesto al Valor Agregado. (última reforma 2024). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación.

MERCADOS ALTERNATIVOS COMO CANALES DE COMERCIALIZACIÓN PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES

Carmen Aridai Hernández-Estrada[1,2*], Jorge Gustavo Ocampo-Ledesma[2], María Isabel Palacios-Rangel[2]y Fernando Cervantes-Escoto[2]

[1]Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agricultura y la Agroindustria Mundial;[2] CECOT, INIFAP.
*Autor para correspondencia: carmen.hernandez@ciestaam.edu.mx

Palabras clave: Comercio local, circuitos cortos, consumo.

Introducción

Existe una diversidad de estrategias para la comercialización de productos agrícolas, entre las que se encuentran desarrollo de proveedores, agricultura orientada a mercado, sistemas alimentarios localizados y mercados alternativos. Este último esquema puede tener varias representaciones, pero sus características principales son integrar a pequeños productores con sistemas de producción sustentables, la comercialización local en distancias cortas a la zona de producción, el contacto directo entre el productor y el consumidor final.

La comercialización representa el tercer problema más importante de los productores de acuerdo con el censo nacional agropecuario. Los pequeños agricultores han reconocido a los mercados alternativos como un canal que pueden combinar con los canales convencionales (Olofsson *et al*., 2021). Estos mercados también han incorporado a la agricultura urbana a estos esquemas de comercialización (Allaby *et al*., 2021). Loconto *et al*., (2018) menciona diferentes esquemas de mercados alternativos, varios de ellos mencionan que sus productos pueden ser orgánicos o agroecológicos, depende si cuentan o no con una certificación de terceras partes o por sistemas participativos de garantía (Cuéllar-Padilla *et al*., 2022).

En México los mercados alternativos, no cuentan con registros oficiales como los mercados públicos o los tianguis, pero han sido reconocidos por la red de mercados orgánicos de México, dependencias como la CONABIO, SENASICA. Algunos estudios en México les reconocen más como mercados orgánicos, sin embargo, estudios más recientes señalan que estos espacios involucran a productores que incluso pueden estar inmersos en cadenas convencionales (Catrip-Pintor *et al*., 2020). Esto mercados responden a la demanda de productos agroecológicos en zonas urbanas, ha reconocido a la agricultura urbana como un proveedor en ciudades que concentran mayor población.

En el estado de Veracruz, la región capital encontramos más de 10 iniciativas de circuitos cortos de comercialización, por lo que nuestro objetivo es conocer las características de los mercados alternativos que favorecen su creación y operatividad, a través de la visión de dos actores clave los representantes y los consumidores, para favorecer la integración de pequeños productores a estos canales de comercialización.

Materiales y métodos

Diseño de investigación: Se utilizó un enfoque mixto, combinando metodologías cualitativas y cuantitativas para examinar el papel de los mercados alternativos como canales de comercialización entre pequeños agricultores.

Muestra: Los casos de estudio fueron cinco mercados alternativos, ubicados en los municipios de Xalapa, Tlalnelhuayocan, Coatepec y Xico, del estado de Veracruz.

Herramienta: Se aplicaron siete entrevistas a profundidad en el verano del 2023 a representantes de los mercados y se realizaron 125 cuestionarios a consumidores de estos mercados de julio del 2023 a julio del 2024.

Análisis de la información: Las entrevistas se analizaron por secciones relacionadas con la historia de los mercados, la operatividad y la importancia de los principales actores en mercados alternativos. Los cuestionarios a consumidores permitieron caracterizar el perfil sociodemográfico de las personas que acuden a estos espacios y los principales patrones de consumo.

Resultados y discusión

Los mercados alternativos en la región capital de Veracruz presentan tres orígenes principales (Figura 1), destacando la participación del sector académico y de investigación en la promoción orgánica y ambiental.

La dirección del representante para la planeación, organización y vinculación de los productores lo convierte en un gestor del mercado. La valoración de importancia entre los actores principales productores o consumidores, depende del momento de posicionamiento en que se encuentra el mercado y la oferta de productos o demanda de los consumidores.



Movimiento orgánico

• Promovidos principalmente desde la academia. La agricultura orgánica que atendía a una demanda local y no de exportación, mediante otros esquemas de certificación.



Ambiental

• Surgen como mercados entre 2018 y 2020. Aunque sus antecedentes son elel cuidado de los recursos naturales, bosques, fuentes de agua. La promoción de producción de bajo impacto ambiental y la obtención de recursos económicos.



Gobierno

• Los municipios siempre se han vinculado a las iniciativas de mercados de productures, pues son quienes otorgan los permisos para su realización, y ha habido iniciativas en la zona de estudio desde los años 2000. Se retomó la promoción a partir del 2018 en alineación con la política de gobierno, otorgando espacios de venta a pequeños productores que revalorizan la cultura y tradición.

Figura 1. Diferentes orígenes de los mercados alternativos.

Una característica en común es el trabajo colaborativo entre los productores y vendedores que lo conforman. Estos mercados se realizan principalmente en fines de semana. Su tamaño depende del espacio físico en que se encuentran. La presencia de productores agrícolas y pecuarios no excede el 30%, en estos puntos de venta también se promueven productos transformados a base de maíz, trigo, leche, conservas, y artesanías entre otros. Se puede llegar a presentar hasta un intermediario en la venta de algunos productos y se les considera como vendedores, no productores, aunque son admitidos en la dinámica del mercado.

Los productores pueden participar en más de un mercado alternativo dependiendo el día de realización esto refleja las redes de colaboración entre mercados y productores. Uno de los mercados analizados cuenta con un espacio de acopio y realiza entregas semanales de canastas, su logística es diferente, pero integra un mayor número de productores primarios, algunos de ellos por el tamaño de su unidad de producción tienen dos sistemas de producción agroecológica y convencional y comercializan tanto en mercados alternativos y convencionales.

Los consumidores de estos mercados se caracterizan por tener un alto nivel educativo, pues estos mercados se realizan en ciudades importantes y municipios alrededores. Los ejemplos de la región capital aportan la inclusión de consumidores con diversos rangos de ingresos y no concentrados solo en los de mayor ingreso. Los consumidores adquieren un 36.7% de sus alimentos en mercados alternativos y complementa en mercados públicos y tianguis, tienditas de la esquina o supermercado en ese orden.

El 58.4 % de los consumidores encuestados asiste habitualmente al mercado, y solo un 15.2 % lo hizo por primera vez. Los mercados alternativos también responden al turismo interesado en productos locales por la ubicación de algunos en pueblos mágicos. Se encontraron motivaciones relacionadas con la convivencia dentro del mercado, lo que distingue la necesidad de un espacio físico en el que el consumidor y el productor interactúen.

Conclusiones

Las características de mercados alternativos es que provienen del movimiento orgánico y ambiental, y representan espacios de venta que han desarrollado un capital social entre los pequeños productores que

se aprecia en los años de operación y la continuidad. Los promovidos por el gobierno están sujetos a los cambios en las administraciones a cargo.

El representante o gestor del mercado, facilita la realización, continuidad, organización, planeación y vinculación de estos espacios.

Los consumidores de estos mercados se abastecen principalmente de productos frescos, la convivencia en los mercados con los productores es lo que es más apreciado de estos espacios el desarrollo. Los consumidores tienen mayor confianza del origen de los productos por el contacto con los productores, sin embargo, también identifican la vinculación de estos mercados a una institución académica o de investigación que promueva el seguimiento técnico de los productores.

Los mercados alternativos son un canal de comercialización viable para productores que consideren los propósitos, principios y valores que le otorgan la historia de los movimientos que les dieron origen, así como el desarrollo del capital social entre los productores dispuestos a interactuar con el consumidor.

Referencias bibliográficas

Allaby, M., Macdonald, G. K., & Turner, S. (2021). Growing pains: small scale farmer responses to an urban rooftop farming and online marketplace enterprise in Montréal, Canada. Agriculture and Human Values, 38(3), 677–692. https://doi.org/10.1007/s10460-020-10173-y

Catrip-Pintor, A. K., Hernández-Flores, J. A., & Méndez-Espinoza, J. A. (2020). Tipología de circuitos cortos de comercialización en mercados y tianguis periurbanos de la región de Cholula, Puebla. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 30(56), 1–25. https://doi.org/10.24836/es.v30i56.995

Cuéllar-Padilla, M., Haro-Pérez, I., & Begiristain-Zubillaga, M. (2022). Participatory Guarantee Systems : When People Want to Take Part. Sustainability, 14(3325), 1–18. https://doi.org/10.3390/su14063325

Loconto, A., Jimenez, A., Vandecandelaere, E., & Tartanac, F. (2018). Agroecology, local food systems and their markets. Ager, 25, 13–42. https://doi.org/10.4422/ager.2018.15

Olofsson, M., Ros-Tonen, M., Gupta, J., De Steenhuijsen Piteers, B., & Van Leynseele, Y. (2021). Rethinking the divide: Exploring the interdependence between global and nested local markets. Journal of Rural Studies, 83(August 2020), 60–70. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.02.018

EVALUACIÓN DE COSTOS Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE CHILE JALAPEÑO BAJO DIFERENTES COMPONENTES TECNOLÓGICOS VALIDADOS EN SIEMBRAS DE OTOÑO-INVIERNO EN QUINTANA ROO

José Ángel García Sandoval[1]*, Rubén Darío Góngora Pérez[1]

[1]Campo Experimental Chetumal-CIRSE-INIFAP
*Autor para correspondencia: garcia.angel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Costos, chile jalapeño, otoño-invierno.

Introducción

El chile jalapeño es una especie muy apreciada y consumida tanto en fresco, seco, ahumado y procesado por la industria ya sea como salsa, enteros, rajas, cuadritos y nacho, por señalar los nichos más importantes del mercado nacional e internacional. México reportó una superficie ocupada de chile verde de 157,221. Ha, de las cuales 27,294 ha (17.4 %) corresponden al tipo jalapeño. En la entidad este picante es bajo temporal y sigue a la baja desde 2015 que de 1,696 ha cayó a menos de 500 y para el 2024 registró únicamente 162 ha (SIAP, 2024).

El mercado nacional de los jalapeños registra algunos periodos donde la demanda supera la oferta y el precio del producto alcanza valores hasta tres veces mayor al que se presenta cuando el efecto es contrario, es decir, la producción sobrepasa la demanda. Quintana Roo tiene un clima tropical y las temperaturas permiten la siembra en cualquier estación del año, por lo tanto, existe potencial para competir en dichas ventanas y, con ello, la posibilidad de recuperar los grandes beneficios sociales y económicos que la siembra por cinco décadas generó al sector rural de la entidad. Sin embargo, este reto conlleva emigrar de la estación lluviosa o siembras de temporal y semilla criolla con calidad exclusiva para la industria a la estación seca con siembras de riego y uso de híbridos con calidad demandada por este mercado. El ciclo otoño-invierno ha sido un gran desafío para los productores de la entidad, quienes registran muchos intentos para aprovechar la menor competencia de las regiones donde las bajas temperaturas limitan su siembra y, por ende, los precios son más elevados; pero, predominan las experiencias poco exitosas y desalentadoras al grado que, hoy en día, este potencial ciclo agrícola sigue subutilizado. Como respuesta a esta problemática, el INIFAP en Quintana Roo, validó la siembra de chile jalapeño bajo riego y diferentes componentes tecnológicos durante los ciclos otoño-invierno 2021-2022 y 2022-2023 con resultados prometedores, ya que el rendimiento promedio superó las 30 t ha^{-1}; sin embargo, incluir innovaciones tecnológicas significa elevar los costos del cultivo, por lo que hace imprescindible su evaluación a fin de identificar los efectos económicos de incluir o no los componentes validados. Considerando lo anterior, el objetivo fue conocer la relación B/C de sembrar chile jalapeño con riego y diferentes componentes tecnológicos en el ciclo agrícola otoño-invierno en Quintana Roo.

Materiales y métodos

Las parcelas de validación de chile jalapeño se establecieron en el Campo Experimental Chetumal, ubicado en el poblado de Xul-Ha, Municipio de Othón P. Blanco y ocuparon una superficie de 2.0 ha. Se validaron los híbridos comerciales Dante, Orizaba y Mixteco, acolchado plástico y protección física de plagas en siembras de otoño-invierno 2021-2022 y 2022-2023. Con las innovaciones se conformaron tres manejos; Manejo 1 (M1) integrado por riego+ferti-irrigación+variedades, Manejo 2 (M2); conformado por riego+ferti-irrigación+híbridos+acolchado plástico y Manejo 3 (M3) compuesto por riego+ferti-irrigación+híbridos+acolchado plástico+protección física de plagas (M3). Se midió el rendimiento por hectárea de cada componente validado, análisis de costos y relación Beneficio-Costo (B/C). Se aplicó la metodología de Kay (1990), $IT + \sum_{n=1}^{\infty}(Pqi\ X\ Qi)$ y $R\,{}^{B}/_{C} = IT/CT$l, las cuales consideran costos variables (CV), costo fijo (CF), costo total (CT), ingreso por venta (IV), ingreso total por ventas (IT), precio de venta (Pqi) y cantidad de producto vendido (Qi).

Resultados y discusión

Para los análisis se utilizaron los costos del primer año de validación, ya que, para el segundo ciclo de evaluación, la efectividad y severidad con la que se presentó el binomio mosca-virosis ocasionó pérdidas totales y parciales en los manejos 1 y 2.

Manejo 1. Los costos totales sumaron $ 166,187.00 por hectárea, los cuales se dividieron en costos variables cuyo gasto representó el 86.95 % y el 13.05 % restante en costos fijos. Es muy notoria la proporción que representó la mano de obra, ya que fue 46.51 % de estos gastos. Resultados similares reportaron Góngora y García (2018) en un diagnóstico de la producción y cadena de valor de chile jalapeño orgánico en Q. Roo, ya que mencionan que el 43 % de los costos corresponden a la mano de obra para el manejo y cosecha. Con relación a los gastos correspondientes a la producción de plantas, la nutrición del cultivo y plagas y enfermedades se observan valores muy parecidos y rondan en 12 % cada uno. Conviene precisar que se empleó semilla comercial de categoría variedad de polinización libre que es productiva, pero la calidad no cumple con lo que exige el mercado fresco. En lo que respecta a los costos fijos sobresale el sistema de riego por goteo que acaparó el 78 % de lo que sumó esta categoría (Figura 1 y 2).

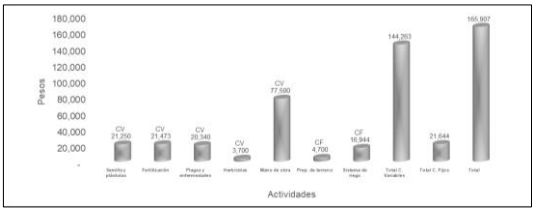


Figura **1.** Costos variables y fijos del cultivo de chile jalapeño con aplicación del manejo uno durante el ciclo agrícola otoño-invierno en Quintana Roo. Mayo 2023.

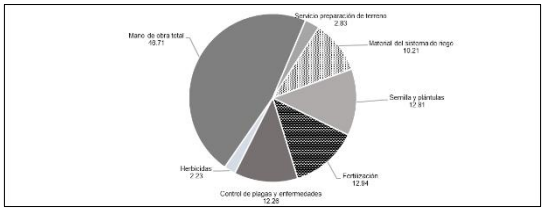


Figura **2**. Distribución porcentual de los costos variables y fijos del cultivo de chile jalapeño con riego+ferti-irrigación+variedad (M1) en siembras de otoño-invierno en Quintana Roo, México.

Manejo 2. Los gastos totales incrementaron 40.36 %, ubicándose en $ 234, 127.00 con respecto al manejo 1 y, corresponde a la inclusión del acolchado plástico y cambio de variedad a híbrido. En este manejo los costos variables repiten la mano de obra como rubro de mayor necesidad y agrega la producción de plantas como razón de la diferencia porcentual entre ambos manejos, ya que la semilla híbrida aumentó en 207 % este concepto. Los costos fijos mantienen al sistema de riego como principal consumo del presupuesto y suman al servicio de colocación y adquisición del acolchado, por lo que este gasto fue al alza en más del 10 % (Figuras 3 y 4).

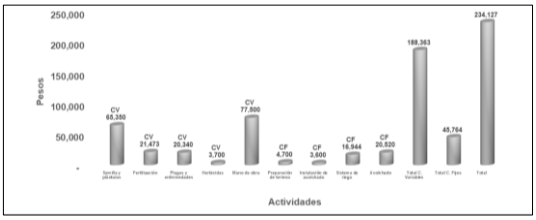


Figura **3**. Costos variables y fijos del cultivo de chile jalapeño con aplicación del manejo dos durante el ciclo agrícola otoño-invierno en Quintana Roo. Mayo 2023.

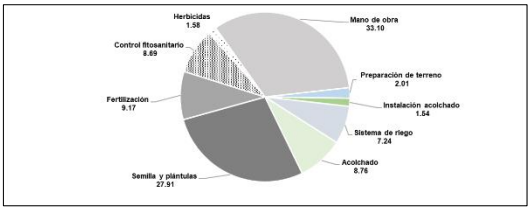


Figura **4**. Distribución porcentual de los costos variables y fijos del cultivo de chile jalapeño con riego+ferti-irrigación+acolchado+híbridos (M2) en siembras de otoño-invierno en Quintana Roo, México.

Manejo tres. Este incluyó todos los componentes validados en la parcela y, por lo tanto, los costos totales ascendieron a $ 311, 413.00; es decir, escalaron 87 y 33 % con base al manejo uno y dos en forma respectiva (Figura 5). Referente al tipo de costo se distingue un crecimiento general conforme se agregan componentes tecnológicos, como era de esperarse; sin embargo, los costos variables no fueron muy afectados, ya que el rubro más sensible a los cambios de manejo creció menos de uno por ciento (mano de obra). Este comportamiento no fue igual en los costos fijos, pues la variación superó el 400 y 140 % al manejo uno y dos, respectivamente (Figura 6). Es importante indicar que el material utilizado para la protección física, los hilos y arcos de poliducto para sostener la cubierta pueden reutilizarse y, con ello, mejorar la relación B/C.

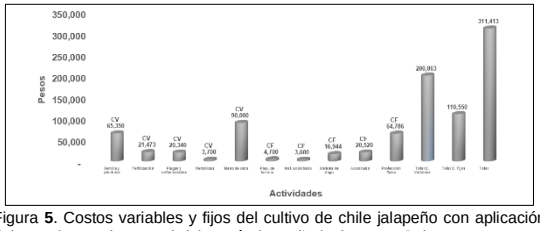


Figura **5**. Costos variables y fijos del cultivo de chile jalapeño con aplicación del manejo tres durante el ciclo agrícola otoño-invierno en Quintana Roo. Mayo 2023.

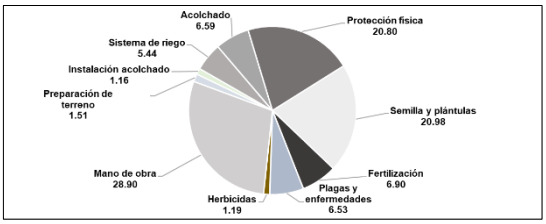


Figura **6**. Distribución porcentual de los costos variables y fijos del cultivo de chile jalapeño con riego+ferti-irrigación+acolchado+híbridos+cubierta física (M3) en siembras de otoño-invierno en Quintana Roo, México.

En la Figura 7 se presenta la relación Beneficio/Costo que alcanzaron cada uno de los manejos de cultivo, nótese, la asociación del B/C con el nivel de inversión, en este caso, los extremos corresponden a los manejos uno y tres, con una diferencia positiva de 0.84 a favor del primero; asimismo, describe a los manejos uno y dos con los niveles de inversión, capacidad productiva y

valor de la producción, como manejos económicamente factibles para implementarse como alternativas para este cultivo y ciclo agrícola. También es posible distinguir al manejo tres como la estrategia que reflejó una relación negativa, es decir, no factible como alternativa bajo las condiciones señaladas, pues los altos costos para brindar la protección física de las plagas limitan su recomendación al no garantizar la recuperación de la inversión ni generar utilidad.

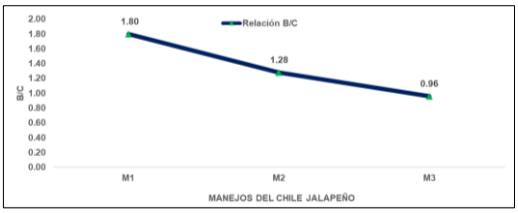


Figura **7**. Relación Beneficio/costo que obtuvo el cultivo de chile jalapeño con validación de diferentes componentes tecnológicos durante el ciclo agrícola otoño-invierno en Quintana Roo, mayo 2023.

Al tomar en cuenta los resultados productivos sin diferencias estadísticas en los tres manejos cuando la afectación del binomio mosca-virosis fue muy lenta durante la etapa fenológica más sensible del cultivo (30 a 40 DDT), al grado que fue posible llegar al primer corte con una virosis menor al 15 % en el manejo uno y dos y, permitir al menos dos cortes más. Bajo esta premisa, es coherente mencionar que las innovaciones validadas como el acolchado y la protección física, al no mostrar mejoras productivas al cultivo, sólo incrementaron los costos de producción; por lo tanto, el manejo uno quedó como la opción más atractiva desde el punto de visita productivo y económico. No obstante, considerando los resultados obtenidos por este manejo en la validación del segundo año, hace imprescindible mejorar tanto el rubro varietal como la seguridad para evitar las consecuencias tan negativas que pueden ejercer las enfermedades virales a esta hortaliza. Lo anterior proyecta la necesidad de combinar los manejos y proponer validar un paquete tecnológico que otorgue garantías productivas y económicas indistintamente de los escenarios que mostró el binomio mosca-virosis en este estudio.

Conclusiones

En condiciones de baja incidencia y severidad de las enfermedades virales el manejo uno presentó los costos más bajos y la mejor rentabilidad, ya que generó la relación B/C más alta. En cambio, el manejo tres fue el más costoso y no expresó capacidad para recuperar la inversión.

Con base en ambos ciclos de cultivo, los resultados de esta validación demuestran que ningún manejo, por sí solo, fue garantía para la producción económicamente rentable del chile jalapeño en siembras de otoño-invierno. Por otra parte, debido a lo complicado que resulta predecir si la mosca blanca actuará como plaga o vector, ya que de su comportamiento dependió el éxito o fracaso de los manejos en cada ciclo de cultivo, en consecuencia, lo más acertado es combinar lo mejor de cada manejo e integrar un paquete tecnológico que, independientemente del escenario que proyecte el binomio mosca-virosis, minimice los riesgos y garantice un rendimiento económicamente rentable.

Agradecimientos y fuente financiadora

La información fue generada en el proyecto “Estrategia integral e innovación tecnológica para impulsar la productividad de la cadena de valor del chile jalapeño en Quintana Roo” financiado por el gobierno del estado de Quintana Roo bajo la modalidad de Fondos Mixtos del CONAHCYT

Referencias bibliográficas

Góngora P. R. D y García S. J. A. 2018. Diagnóstico enfocado a la producción y cadena de valor del chile jalapeño (*Capsicum annuum*) orgánico en Quintana Roo, México. Memoria *In extenso* del XXXII Congreso Internacional y II Congreso Iberoamericano en Administración de Empresas Agropecuarias. Guanajuato, México.

Kay R.D. 1990. Administración agrícola y ganadera. Editorial C. E. C. S. A.7ª impresión. México, D. F.

SIAP, 2024. http://www.siap.gob.mx/ (consultado el 20 de junio de 2025).

VINCULACIÓN AL MERCADO Y COMPETITIVIDAD, EL CASO DE UNIDADES ECONÓMICAS PRODUCTORAS DE JITOMATE DE SAN JERÓNIMO TAVICHE, OAXACA

Rafael Rodríguez-Hernández[1]*, Pedro Cadena-Iñiguez[2] y Mariano Morales-Guerra[1]

[1]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, CIRPAS, INIFAP, [2]Campo Experimental Centro de Chiapas, CIRPAS, INIFAP.
*Autor para correspondencia: rodriguez.rafael@inifap.gob.mx

Palabras clave: Competitividad, valor agregado, costo de factores, precio.

Introducción

Según la FAO (2012), el 73 % de las unidades económicas rurales de México se ubican en los dos últimos estratos denominados de subsistencia, sin vinculación al mercado y de subsistencia con vinculación incipiente al mercado, por lo que la competitividad que presentan es baja, entendiendo ésta como la capacidad de mantenerse en el mercado (Rodríguez *et al*., 2015). El vínculo al mercado de las UEF tiene influencia directa en el nivel de competitividad debido a que éste determina el ingreso monetario y el valor agregado que junto con el costo de los factores de producción determinan el índice de competitividad. La magnitud del vínculo al mercado se puede medir a través del valor de las ventas, el cual está dado por el volumen de la producción que se destina al mercado después de cubrir el autoconsumo, multiplicado por el precio de venta. Uno de los mecanismos para mejorar el nivel de competitividad consiste en el fortalecimiento del vínculo al mercado mediante mayores ventas, a sabiendas que para ello una condición necesaria es incrementar la producción y productividad considerando aspectos como calidad del producto de acuerdo a las necesidades de los compradores. El presente trabajo se realizó con la finalidad de conocer en qué medida el vínculo al mercado a través del valor de las ventas impacta a la competitividad de pequeñas UEF cuya principal actividad es la producción de jitomate en invernadero.

Materiales y métodos

Se aplicó un cuestionario a 27 jefes de unidades económicas familiares (100 %) pertenecientes al municipio de San Jerónimo Taviche, Oaxaca, ubicado en la región Valles Centrales de Oaxaca en las coordenadas 16°43′00″N y 96°35′00″O cuya principal actividad es la producción de jitomate en invernadero, además de otras actividades económicas complementarias como producción de maíz, frijol y ganadería de traspatio, en donde se preguntó en forma estimada el volumen de la producción agrícola obtenida en el ciclo inmediato anterior tanto de jitomate como de otros cultivos o actividades que llevan a cabo y se cuantificó la proporción que se destinó al mercado después de cubrir el autoconsumo. Se investigó además el precio de venta de los productos destinados al mercado y se estimó el valor de las ventas por cada unidad de producción, posteriormente se determinó el índice de competitividad denominado Relación de Costo Privado (RCP) y se estimó la función de competitividad como variable dependiente en función del valor de las ventas como variable independiente. La RCP se interpreta como aquella proporción del valor agregado que se destina al pago de los factores internos (en tanto por uno) de tal manera que la diferencia con respecto a la unidad significa la proporción que corresponde a la ganancia del productor. Esta dada por la siguiente expresión (Rodríguez *et al*., 2019):

$$RCP = \frac{CFI}{VA}$$

Donde: *RCP* = Relación de Costo Privado; *CFI* = Costo de los Factores Internos; *VA* = Valor Agregado.

El costo de los factores internos (*CFI*) se refiere al costo de aquellos requerimientos que no tienen un mercado bien definido como la tierra, la energía eléctrica, la mano de obra, entre otros. Se calculó multiplicando la cantidad de factores internos utilizados para la producción por el precio que tiene cada uno de ellos en el mercado local:

$$CFI = \sum_{k=1}^{n} Z_k P_k$$

Donde: *CFI* = Costo de los Factores Internos; Z_k = Cantidad de factores internos aplicados por unidad de superficie; P_k = Precio de los factores internos en el mercado local.

El valor agregado (*VA*) es la diferencia entre el valor de la producción menos el valor de los insumos comerciales que se requieren para la producción, expresado por:

$$VA = P_i X_i - \sum_{n=1}^{n} P_j Y_j$$

Donde: *VA* = Valor Agregado; *Xi* = Cantidad producida por unidad de producción, generalmente en toneladas; *Yj* = Cantidad de insumos comerciables aplicados por unidad de producción; *Pi* = Precio del producto en el mercado local; *Pj* = Precio de los insumos en el mercado local

Puente (1995) citado por Rodríguez (2014) considera que un sistema agrícola permanece competitivo si trata de minimizar la RCP manteniendo bajos los costos de los insumos comerciables y los factores internos y obtener un VA lo más elevado posible, por lo tanto, existe mayor competitividad entre más pequeña sea la RCP. Cabe señalar que seis entrevistas presentaron inconsistencias en la información por lo que se hizo una depuración de tal manera que los resultados se presentan considerando a 21 UEF.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1, se puede observar la información de las 21 UEF depuradas.

Cuadro 1. Valor de la producción, ventas y competitividad de unidades económicas rurales de San Jerónimo Taviche, Oaxaca.

No. de UEF	Valor de la Producción ($)	Valor del Autoconsumo ($)	Valor de las Ventas ($)	Valor Agregado ($)	Costos de Factores ($)	RCP
1	73072.50	10072.50	63000.00	39642.03	39000.00	0.98
2	113910.00	34610.00	79300.00	81389.18	66000.00	0.81
3	225720.00	720.00	225000.00	185225.61	72000.00	0.39
4	138000.00	25500.00	112500.00	106598.59	74250.00	0.70
5	75280.00	5280.00	70000.00	24849.14	18000.00	0.72
6	126300.00	20300.00	106000.00	70289.67	20000.00	0.28
7	41200.00	6200.00	35000.00	10,689.00	36000.00	3.37
8	85250.00	13750.00	71500.00	60294.17	45000.00	0.75
9	137250.00	5130.00	132120.00	84494.90	63000.00	0.27
10	234517.50	15517.50	219000.00	210711.81	36000.00	0.17
11	82500.00	30000.00	52500.00	49454.88	90000.00	1.82
12	81440.00	5840.00	75600.00	66323.37	40800.00	0.62
13	90100.00	27100.00	63000.00	12860.65	72000.00	5.60
14	57150.00	8150.00	49000.00	15226.59	94500.00	6.21
15	156600.00	25000.00	131600.00	136200.41	36900.00	0.27
16	55500.00	12500.00	43000.00	24147.40	85800.00	3.55
17	138640.00	12140.00	126500.00	109414.75	37400.00	0.34
18	83100.00	20100.00	63000.00	50126.17	73200.00	1.46
19	71000.00	21000.00	50000.00	47816.79	36900.00	0.77
20	168900.00	6500.00	162400.00	152164.40	36300.00	0.24
21	65780.00	6280.00	59500.00	45981.88	85500.00	1.86
Promedio	109581.43	14842.38	94739.05	75423.90	55169.05	1.48

El valor de la producción osciló entre $42,200.00 hasta $234,517.00, mientras que el Valor de las ventas el mínimo fue de $35,000.00 y el máximo de $225,000.00, el valor agregado mínimo fue de $10,689.00 y el máximo de $210,711.00, el costo de los factores osciló entre $18,000.00 hasta $ 94,500.00y la competitividad medida mediante la RCP Osciló entre 0.17 hasta 6.21. Un total de 14 UEF (67 %) resultaron competitivas (RCP < 1), mientras que 7 UEF (33 %) resultaron no competitivas (RCP > 1), esta situación se debe a que el jitomate es un cultivo rentable y de alguna manera su producción, ha contribuido a que las UEF hayan mejorado su situación económica en comparación a la situación que tenían antes de implementarse los invernaderos (Cuadro 1).

En la Figura 1, se observa la relación entre el valor de las ventas como variable independiente y la RCP como variable dependiente. Entre mayor sea al valor de las ventas la RCP es menor (sin llegar a ser cero), lo que implica que las UEF son más competitivas, es decir, se destina menor proporción del valor agregado al pago de los factores y le queda más ganancia a la unidad de producción y viceversa, entre menor sea el valor de las ventas más alta es la RCP, es decir se destina más valor agregado al pago de los factores de producción y le queda menor ganancia a la unidad de producción.

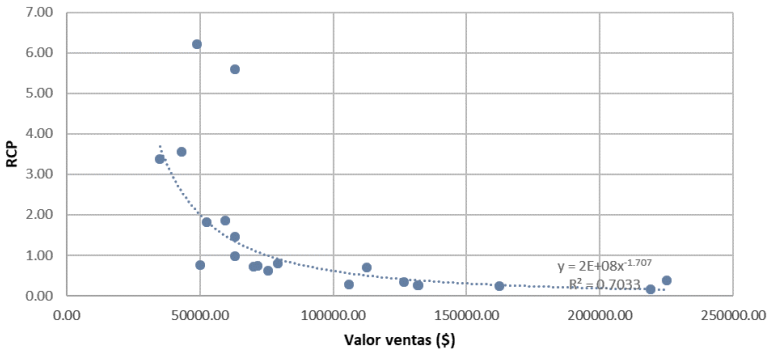


Figura 1. Relación entre valor de las ventas y la RCP y estimación de la función de competitividad (Y= RCP y x = Valor de las ventas).

Al estimar la función de competitividad considerando a la RCP como variable dependiente (Y) y el valor de las ventas como variable independiente (x), se encontró una forma de función denominada potencia negativa, es decir, la relación entre las variables es inversa decreciente, o sea que a medida que el valor de las ventas crece, el valor de RCP disminuye, rápidamente al inicio y luego más lento. El coeficiente de determinación R^2 indicó un ajuste moderadamente fuerte, es decir, explica alrededor del 70 % de la variabilidad observada.

Conclusiones

Se confirmó la importancia de la vinculación al mercado en la competitividad de las UEF productoras de jitomate, entre mayor sea el valor de las ventas la RCP será menor, lo que indica mejor competitividad, cuya característica es que se destina menor proporción del valor agregado al pago de los factores de producción y le queda mayor proporción como ganancia a la UEF. La función de competitividad presentó la forma de potencia negativa en donde cada que el valor de las ventas es más grande, en la función, el resultado de la RCP es cada vez más pequeño, lo que implica mayor competitividad. Se observó que una condición necesaria para incrementar las ventas es incrementar la producción y productividad, así como considerar otros aspectos demandados por el mercado como calidad e inocuidad del jitomate.

Referencias

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2012). Diagnóstico del sector rural y pesquero: Identificación de la problemática del sector agropecuario y pesquero de México. Capitulo III. Estratificación, caracterización y problemática de las Unidades Económicas Rurales. Pp 1-21.

Rodríguez-Hernández R., P. Cadena I., S. Góngora G., S. Jácome M., A. Zambada M., A. Ayala S. y R. Rendón M. (2014). Linking the market to competitiveness, the role of innovation in rural agriculture in Oaxaca, Mexico. Global Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural Development. 2(4), 145-151.

Rodríguez H.R., Cadena I.P., Morales G.M., Sánchez V.V. (2019). The relationship of private cost (CPR) as a measure of rural competitiveness. International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch. Vol. 4, No. 05. Pp. 170-192.

Rodríguez H.R., Bravo M. E., López L.P., Cadena I.P. (2015). Impact of Sales on the Competitiveness of Marginalized Families, the Case of Tomato Producers from Taviche, Oaxaca, Mexico. Global Advanced Research Journal of Agricultural Science. Vol. 4(7) pp. 325-332.

EL NOPAL VERDURA, UNA EXPLORACIÓN EN LA COMERCIALIZACIÓN

*María del Rosario Cortés-Castillo[1], José Antonio Zambrano García[1], Ricardo Chávez Martínez[2]

Instituto Politécnico Nacional, ESCA Tepepan[1], UNAM[2].
* Autor para correspondencia mrcortes@ipn.mx

Palabras clave: Circuitos cortos de comercialización, nopal verdura, Milpa Alta, México.

Introducción

México ocupa el 12º lugar como productor agropecuario en el mundo y el tercero en América Latina (FAO, 2018) con un potencial de mercado de 1,353 millones de consumidores en 52 países (SIAP, 2022), donde la agricultura es una importante fuente de ingresos para las unidades familiares rurales (Schneider, 2014). Sin embargo, el sector primario se caracteriza por condiciones de rezago y vulnerabilidad con limitados recursos humanos y sociales, con dificultad en el acceso a mercados (UNDP, 2023). Edelman (2022) situó a los campesinos o pequeños agricultores dentro de prácticas de subsistencia, considerados por algunos sectores de la sociedad y el gobierno como improductivos con falta de organización (Robles, 2018), donde 9 de cada 10 productores es pequeño o mediano (FAO, 2019) de edad avanzada y con bajo nivel de escolaridad (ENA, 2021).

Entre las problemáticas más comunes a las que se enfrenta los productores (UP) es la dificultad para la comercialización debido a los precios bajos (33 %) y una excesiva intermediación (24.3 %), la falta de capacitación y asistencia técnica (30.8%), la vejez, enfermedad o invalidez (19.5%) y la falta de información de los precios de los productos (10.9%), donde se observa la preponderancia de los adultos entre los 40 y los 60 años (44.1 %) y más (45.8%) (Encuesta Nacional Agropecuaria, 2019). Estudios previos han marcado la necesidad de implementar estrategias de diferenciación en nuevos nichos de mercado debido a la alta competencia (Medina, Macias y Silva, 2021, otros investigadores coinciden en la promoción de mayores programas sectoriales de apoyo para este fin (Robles, 2018). Por lo que son necesarias investigaciones sobre todo en disciplinas como el Marketing escasamente estudiada en agronegocios (Geldes y Felzensztein, 2013).

En cuanto a Milpa Alta, forma parte de una de las alcaldías de la Ciudad de México, ubicada dentro la denominada nueva ruralidad, *espectro rural-urbano* (FAO, 2017), cuenta con 12 pueblos originarios y 6,017 productores (GOCDMX, 2022), donde ocupa el lugar 32 en volumen y valor de la producción agrícola (SADR, 2022). El nivel de estudios en la población de más de 15 años es de primaria (18%), secundaria (36%), preparatoria (22 %), licenciatura (13 %), maestría (0.5%) y doctorado (.09%). Cabe mencionar que las disciplinas con mayor demanda en la población son: medicina (22.1 %), ingeniería de procesos químicos (11.7%) y el desarrollo de software (11.3 %) (INEGI, 2024), es una zona que se caracteriza por las actividades agrícolas.

La presente investigación propone explorar la comercialización del nopal verdura en los productores de tres pueblos originarios de Milpa Alta durante el año 2023, el presente estudio aporta el conocer el por qué continúan con rezago en la parte comercial, aun cuando cuentan con programas sectoriales de apoyo que forman parte de líneas prioritarias del gobierno federal actual (2019- 2014), en una hortaliza que forma parte de la canasta básica y presenta incrementos anuales en la producción (SIAP, 2022), lo que contribuye a investigaciones que faciliten la comercialización de hortalizas y a iniciativas o modificaciones en proyectos o programas de apoyo al campo.

Materiales y métodos

Se realizó bajo una metodología de alcance exploratorio de corte transversal, en una investigación de campo en la que se analizaron las condiciones actuales de los productores de nopal verdura de tres pueblos originarios (Villa Milpa Alta, Santa Ana Tlacotenco y San Antonio Tecomilt) Milpa Alta, bajo una muestra por conveniencia a través de la técnica bola de nieve, donde se realizaron las visitas en sus parcelas durante el periodo junio a septiembre del 2024.

La técnica de recolección de datos, se realizó mediante la aplicación de un cuestionario semiestructurado de 35 *items* de preguntas dicotómicas, validado previamente a través de la participación de cinco jueces expertos en el tema (producción y comercialización del nopal verdura, así como de Marketing) y posteriormente aplicado en 46 pequeños productores rurales voluntarios, posteriormente se realizó la

estadística descriptiva utilizando el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 19.

Resultados

Los hallazgos muestran en el Cuadro 1, la predominancia del género masculino (67%) con estudios de secundaria y bachillerato (58%), con rangos de edad entre 40 a 60 años, donde la siembra y cultivo del nopal es su principal fuente de ingresos.

Cuadro 1. Cuadro de contingencia variables sociodemográficas

	Edad													
	20 a 30 años	%	31 a 40 años	%	41 a 50 años	%	51 a 60 años	%	61 a 70 años	%	71 a 80 años	%	Total	
Hombres	5	16.1%	0	.0%	9	29.0%	8	25.8%	8	25.8%	1	3.2%	31	67%
Mujeres	0	.0%	3	20.0%	4	26.7%	5	33.3%	1	6.7%	2	13.3%	15	33%
Recuento	5	10.9%	3	6.5%	13	28.3%	13	28.3%	9	19.6%	3	6.5%	46	
Licenciatura	2	16.7%	0	.0%	4	33.3%	3	25.0%	3	25.0%	0	.0%	12	26%
Bachillerato	1	7.7%	3	23.1%	5	38.5%	2	15.4%	1	7.7%	1	7.7%	13	28%
Secundaria	2	14.3%	0	.0%	3	21.4%	7	50.0%	2	14.3%	0	.0%	14	30%
Primaria	0	.0%	0	.0%	1	16.7%	1	16.7%	3	50.0%	1	16.7%	6	13%
Otro	0	.0%	0	.0%	0	.0%	0	.0%	0	.0%	1	100.0%	1	2%
Recuento	5	10.9%	3	6.5%	13	28.3%	13	28.3%	9	19.6%	3	6.5%	46	
	¿La producción de nopal es su principal fuente de ingresos?													
No	0	.0%	1	10.0%	1	10.0%	4	40.0%	3	30.0%	1	10.0%	10	22%
Si	5	13.9%	2	5.6%	12	33.3%	9	25.0%	6	16.7%	2	5.6%	36	78%
Recuento	5	10.9%	3	6.5%	13	28.3%	13	28.3%	9	19.6%	3	6.5%	46	

Elaboración propia con datos del programa SPSS v.19

Por otra parte, el responsable de la siembra, cultivo y cosecha del nopal son los hombres (70%), pero son las esposas (39%) e hijos (11 %) los que están a cargo de la comercialización; es decir son familias que cuentan con más de 20 años de experiencia (41 %); en una actividad que demanda toda la mañana para la cosecha (corte de nopal) (70%), así como para la venta (61 %), por lo que sólo cuentan con espacios a partir de la tarde (87.5%) para actividades administrativas, sociales y familiares.

En cuanto a los activos físicos, el 70% cuenta con un teléfono móvil con internet, así como una cuenta bancaria (70%) sin embargo no utilizan la banca en línea (54%). El 74% de ellos ha obtenido un apoyo gubernamental (72 %) que se ha utilizado para la fertilización de la tierra (67%). Cabe resaltar, que sus ventas son en efectivo (93 %), presentando una ausencia de créditos a clientes (96%), sin días a crédito (93 %).

En cuanto a la mezcla de Marketing, en el rubro de precios, los productores se alinean con las fluctuaciones de la oferta y demanda (95%), ya que no ofrecen precios fijos (80.4%); sin embargo, el monto de los descuentos se basa en negociaciones de lo que ya está en el mercado (71.2 %); lo cual coincide con el desconocimiento para fijar el precio (56%), a pesar de que afirmen que ellos son los que lo establecen (41.3 %), pues éste, se encuentra dado por la oferta y demanda (95.7%). En cuanto al producto, desconocen alguna estrategia adicional (69.7%) para la venta del nopal (73 %), dado que este se vende en su mayoría por caja (89.1 %).

Respecto a la plaza, se denota que la venta sólo lo hacen a través del mercado de acopio (local) (56%), regularmente desde la madrugada y parte de la mañana (84.7%). En cuanto a la promoción, utilizan el denominado *pilón* (dar producto adicional) como estrategia para fidelizar clientes (61 %), dado que no desarrollan ni comunican promociones (78%), sumado, a las áreas de oportunidad en el uso de tecnologías al estar en niveles nulos (30.4%) y básicos (45.7%), sin embargo, si manejan redes sociales (70%) sobre todo Facebook, WhatsApp e incluso ambas (69.6%).

Discusión

Los hallazgos suman a las afirmaciones de Edelman (2022) dado que los productores buscan minimizar los costos monetarios a través de la diversificación de los cultivos y las prácticas de subsistencia; sin embargo, también es necesario que incrementen la rentabilidad mediante una asignación de precios, bajo el previo conocimiento del costo de su cultivo, para que tengan fuerza en los procesos de negociación y no dependan de lo que se mueva en el mercado.

Respecto a las capacidades en las variables de la mezcla de Marketing (precio, producto, plaza y promoción) se observa que el desconocimiento de las mismas esto, puede deberse a su edad avanzada y el bajo nivel académico; sin embargo, los resultados muestran una ardua labor que inicia desde la madrugada para cortar y comercializar su producto en el mercado local, sin contemplar el tiempo dedicado al cuidado del cultivo (deshierbar, limpiar, abonar), sumado a la importancia en las capacitaciones de gobierno en el tema, por lo que son necesarias investigaciones que validen un diagnóstico de necesidades de capacitación con base en la problemática actual.

Por lo que es necesario ampliar las investigaciones del *Marketing* en los agronegocios, pues es necesario revertir los altos porcentajes en la dependencia de los intermediarios, los centros de acopio y la central de abastos que afectan al productor dado los precios bajos a los que son obligados, al ser los únicos canales de distribución que conocen.

Conclusiones

Se cumplió el objetivo al explorar la comercialización del nopal verdura en los productores de Milpa Alta durante el año 2024 y se concluye que los productores requieren del apoyo de su familia (esposa, hermanos e hijos) para la comercialización del producto ante la demandante labor del campo, por lo que es escaso el tiempo para actividades adicionales sobre todo comerciales, que además no conocen, ni tienen experiencia, a pesar de contar con equipos y medios para realizarlo, sumado, a las escasas capacitaciones en el tema comercial brindadas por el gobierno, donde obligan la participación del beneficiario y no de las personas que ejecutan dicha labor.

Referencias bibliográficas

Edelman, M. (2022). ¿Qué es un campesino? ¿Qué son los campesinados? Un breve documento sobre cuestiones de definición. *Revista Colombiana de Antropología*, *58*(1), 153-173.

Encuesta Nacional Agropecuaria (2019>) https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/

FAO (2019). El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. Ciudad de México. 68 pp. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Geldes, C. and Felzensztein, C. (2013), "Marketing innovations in the agribusiness sector", *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, Vol. 26 No. 1, pp. 108-138. https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1108/ARLA-05-2013-0042 Download as .RIS

Medina, O. R., Macías, J. D., & Silva, M. S. (2021). Perfil del productor de nopal de Milpa Alta en el diseño de políticas sectoriales. *Argumentos. Estudios críticos de la sociedad*, 229-253.

Robles, H. (2018). La organización económica de los pequeños y medianos productores presente y futuro del campo mexicano, serie documento de trabajo N° 232. Rimisp México.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE SORGO (*Sorghum* spp.) EN IRAPUATO Y SALAMANCA, GUANAJUATO: UN ANÁLISIS POR RÉGIMEN DE HUMEDAD

José Antonio Espinosa García[1]*, Alejandra Vélez Izquierdo[1], Juan Ángel Quijano Carranza[2], Manuel Mosqueda Mendoza[3]

[1]CENID FyMA-INIFAP; [2]CE Bajío CIRCE-INIFAP; [3]Técnico independiente
*Autor por correspondencia: espinosa.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Estructura de costos, rendimiento, rentabilidad.

Introducción

El sorgo es una gramínea originaria del África subsahariana en áreas geográficas con baja precipitación y sequías recurrentes, entres sus cualidades principales resalta un alto contenido de carbohidratos, más proteína que el maíz y una resistencia a la escasez de humedad, es capaz de ralentizar su desarrollo si el agua escasea y continuarlo cuando las lluvias vuelven o exista la posibilidad de irrigación (Gutiérrez N., 2020). Además, esta gramínea fue sometida a un proceso de selección y mejoramiento en Estados Unidos, para adaptarla a una agricultura mecanizada, a una ganadería intensiva y a una expansiva industria de forrajes, lo cual favoreció su Introducción en México, principalmente en los estados del noreste y de la Región del Bajío, donde se integró a la industria porcina y a la industria de alimentos balanceados. Es tal su importancia que es el tercer grano de mayor producción en México, a pesar de ello no se alcanza a cubrir la demanda de este grano, por lo que México es el segundo país importador del Mundo (Gutiérrez N., 2020).

El sorgo se cultiva en 30 estados del país, en el año 2024 se sembraron 1.30 millones de ha, que produjeron 4.1 millones de t, con un rendimiento promedio de 3.47 t^{-1} (SIAP, 2025). En el año 2024, Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Sinaloa y Campeche sembraron el 85% de la superficie nacional, siendo el estado de Guanajuato el segundo en importancia (SIAP, 2025). En este Estado, en el año 2024 se sembraron 139,438 ha de sorgo en el ciclo de primavera verano, de las cuales 87,130 son de riego y las 52,308 ha restantes son de temporal, con un rendimiento promedio de 8.45 t^{-1} y 2.35 t^{-1} respectivamente (SIAP, 2025). Los municipios de Irapuato y Salamanca fueron los principales productores de sorgo, juntos concentran el 27% de la superficie sembrada de este cultivo, de las cuales el 76% es de riego, también aportan el 29.6% en cuanto a t producidas (SIAP, 2025). Es por ello que se propone analizar el comportamiento técnico y económico de la producción de sorgo en estos municipios.

Los estudios que analizan el comportamiento técnico y económicos de las actividades productivas combinan indicadores de productividad y rentabilidad, como criterios conjuntos para caracterizar o apoyar la toma de decisiones y se han aplicado a una gran variedad de actividades y procesos productivos, como el realizado por Vázquez y García, (2021) que estimaron la productividad y la Relación Beneficio Costo del cultivo del aguacate en Ecuador o el realizado por Herrera y Andrade (2010) que estimaron indicadores técnicos y económico para tomar la decisión de desarrollar colectores solares planos (CSP) para agua caliente de uso doméstico que puedan ser adquiridos por la mayor parte de la población del estado de Oaxaca y donde recomendaron usar un financiamiento no superior a dos años para adquirir los equipos y que el costo de los mismos sea accesible a la mayoría de la población y así contribuir a mejorar la calidad de vida de la comunidad de esta zona. Sin duda, realizar este tipo de estudios generará información relevante que apoyará la toma de decisiones de los productores de sorgo, por lo tanto; el objetivo del presente trabajo es analizar y comparar la productividad, la estructura de los costos de producción y la rentabilidad obtenida por los productores de sorgo en dos municipios del estado de Guanajuato, México.

Materiales y métodos

Ubicación del área y muestreo. El trabajo se llevó a cabo en dos de los principales municipios productores de sorgo en el estado de Guanajuato: Irapuato y Salamanca. Se diseñó un cuestionario que se aplicó a una muestra de productores de sorgo en estos municipios. El cuestionario estuvo integrado por los siguientes apartados: i) Datos generales del productor; ii) Costos de producción por ha y iii) producción de sorgo por ha. El tamaño de la muestra se determinó mediante diseño de Muestreo de Proporciones de Varianza Máxima (Infante y Zarate, 1990), aplicando la siguiente fórmula: $n=N*p(1-q)/((n-1)*(\beta/Z_{1-\alpha})^2+p(1-q))$. Donde n es el tamaño de muestra; N la población; Z es el nivel de confianza; β es el nivel de precisión; p es la probabilidad de que la muestra sea representativa y; q es la probabilidad de que la muestra no sea

representativa, con una N de 8,000 productores de sorgo, a un nivel de confianza de 95% (Z^2=1.96), y nivel de precisión de 0.09. El tamaño de muestra n=120 encuestas. Para la selección de los productores a encuestar, se consideró a productores de riego y de temporal, que se encuestaron en los meses de agosto y septiembre de 2024.

Evaluar el Comportamiento Técnico y Económico La información obtenida en la encuesta se capturó en una base de datos de Excel. El comportamiento técnico se analizó con el rendimiento evaluado en toneladas por ha (RenSorgo), que se obtuvo de la base de datos generada, el comportamiento económico se obtuvo estimado los costos totales de producción (CTP), para ello se utilizó la expresión CTP=CVT (Costo Variable Total) + CFT (Costo Fijo Total). El CVT se obtuvo al sumar el valor monetario de siguientes conceptos: 1) Preparación del terreno integrado por las labores de subsolelo, barbecho, rastreo, rastreo cruzado, bordos, empareje y siembra (CPTerr); 2) Costo de la semilla (CSemilla); 3) Costo del fertilizante (CFerti); 4) Costo del control de malezas (CCMal); 5) Costo del control de plagas (CCPlaga); 6) Costo del riego (CRiego) y 7) Costo de mano de obra (CMO). En los costos fijos se consideró un costo de administración (CAdmon) como un salario que se auto pagaría el productor por dicha actividad y que en promedio representa el 3 % del ingreso bruto total (IBT) más la renta de la tierra (CReT). Para cada componente de ambos costos se aplicó la siguiente expresión $\sum_{ji}^{i=1} Q_{ij} * Pr_{ij}$. CTP=(CPTerr+CSemilla+CFerti+CCMal+CCPlaga+CRiego+CMdeO+CReT+CAdmon). También se estimó el costo unitario de producción CUP que se obtuvo al dividir el CTP entre el rendimiento. La rentabilidad se calculó con la diferencia del Ingreso bruto (IB) y el CTP entre el CTP. Tanto para la variables técnicas como para las variables económicas se analizaron para los productores de Riego y para los productores de temporal mediante estadísticas básicas (media, frecuencias relativas y desviación estándar), para la comparación de las resultados por Régimen de Humedad se realizó un análisis de varianza bajo un modelo completamente aleatorio y se realizó una comparación de medias mediante la prueba t de student para identificar las diferencias entre rendimiento, costos y ganancias con JMP® 17.0 (SAS Institute, 2024).

Resultados y discusión

Descripción de las unidades de producción y los productores. En el Cuadro 1 se observa que predominan los productores con nivel de escolaridad de primaria, aunque también hay productores con posgrado, además de que hay más productores de riego, coincidiendo con el comportamiento de la producción de sorgo en Guanajuato, reportados en el SIAP, 2025. En el Cuadro 2 se observa que la edad promedio de los productores fluctúa entre 63 y 64 años, siendo los productores de riego los de mayor edad. La superficie sembrada de sorgo es mayor en los productores de riego, en promedio siembran 7 ha, en cambio los productores de temporal siembra 5 ha.

Cuadro 1. Frecuencia de variable escolaridad de productores de sorgo en Guanajuato.

Escolaridad	Riego		Temporal		Total	
	Frecuencia	Porcentajes	Frecuencia	Porcentajes	Frecuencia	Porcentajes
Licenciatura	5	5.6 %	2	6.5 %	7	5.8 %
Posgrado	1	1.1 %	2	6.5 %	3	2.5 %
Preparatoria	9	10.1 %	3	9.7 %	12	10.0 %
Primaria	42	47.2 %	12	38.7 %	54	45.0 %
Secundaria	18	20.2 %	9	29.0 %	27	22.5 %
Sin estudios	14	15.7 %	3	9.7 %	17	14.2 %

Fuente: Elaboración propia con datos de encuesta aplicada a productores de Sorgo en Guanajuato, 2024.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de variables cuantitativas de productores de sorgo en Guanajuato.

Variable	Media		Desviación est.		Mínimo		Máximo	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal	Riego	Temporal
Edad	63.7	62.5	13.3	14.6	25	32	101	88
Ha sembradas	7.05	4.82	6.14	3.35	0.7	0.5	30	13.5

Fuente: Elaboración propia con datos de encuesta aplicada a productores de Sorgo en Guanajuato, 2024.

Comportamiento técnico y económico de las unidades de producción de sorgo por régimen de humedad. Los costos de producción de sorgo por régimen de humedad en los municipios de Irapuato y Salamanca, Gto., fueron diferentes y estadísticamente significativos a una p<.0001 para el costo del fertilizante, comportamiento que coincide con lo reportando por Retes *et al*., 2022, para la producción de trigo en Sonora. También el costo de la mano de obra presentó diferencias significativas, siendo mayor en los productores que cuentan con riego. Los conceptos de costo de preparación de terreno, de semilla, de control de malezas y plagas, si bien son mayores en los productores de riego, no presentaron diferencias significativas. También el rendimiento fue mayor con una diferencia estadística en los productores de riego, sin embargo, el valor que obtienen los productores de temporal es mayor al reportado en el SIAP (2025). Con excepción del costo unitario y la rentabilidad, que no presentan diferencias, los demás indicadores económicos, como el CVT, el CTP, el ingreso neto y total son significativamente diferente mayor en los productores de riego (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento, Costos de producción y ganancia de las unidades de producción de sorgo en los municipios de Irapuato y Salamanca, Guanajuato.

Concepto/Estadístico	Unidad	Media		SD		Prob>F
		Riego	Temporal	Riego	Temporal	
Costo preparación terreno	$/ha	7303	1767	6478	1556	0.017
Costo semilla	$/ha	1846	529	1790	338	0.501
Costo fertilizante	$/ha	9873	3632	5697	1859	< .001
Costo control maleza	$/ha	999	457	688	507	0.004
Costo control plagas	$/ha	537	393	391	245	0.018
Costo riego	$/ha	1581	903	0	0	NaN
Costo mano de obra	$/ha	2457	826	1380	494	< .001
Costo variable	$/ha	24240	4733	16423	3121	< .001
Renta de la tierra	$/ha	10000	0	6161	3541	NaN
Administración	$/ha	1490	385	898	164	< .001
Costo fijo	$/ha	11490	385	7059	3601	< .001
Costo total	$/ha	35730	4929	23482	4777	< .001
Rendimiento	t/ha	8.8	1.9	5.6	1.4	< .001
Precio venta	$/t	5648	876	5505	778	0.398
Ingreso total	$/ha	49668	12830	29918	5462	< .001
Ingreso neto	$/ha	13939	10999	6436	4802	< .001
Costo unitario	$/ha	4168	718	4348	959	0.344
Rentabilidad	%	0.39	0.30	0.30	0.26	0.14

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de una muestra de 85 encuestas aplicadas en 2022.

Conclusiones

Los productores de sorgo que cuentan con riego presentan mayor rendimiento, mejor precio y costos de producción más altos que los de temporal, no obstante, la rentabilidad y costo unitario estimado de ambos regímenes de humedad fueron estadísticamente iguales.

Referencias bibliográficas

Gutiérrez N., N.L. 2020. Entre lo inesperado y lo imprevisto: la sequía y los proyectos de mejoramiento de maíz y sorgo en el Bajío, 1943-1970. Historia mexicana, LXX(1):207-258.

Infante G., S. y Zarate de L. G.P. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. Colegio de Postgraduados. Mundi-Prensa España. 642 p.

Retes L., R.; Moreno M., S.; Rivera M.; Ibarra F., M.H.; Arturo F.; Caughey E., D.M. 2022. Determinación de la rentabilidad de trigo en Sonora ciclo 2021-2022. Revista Mexicana de Agronegocios, 50:209-217.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre de la producción agrícola, 2024. En: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/. Consultado junio, 2025.

Vázquez A., R.F. y García H., S. 2021. Estudio técnico-económico en el cultivo del aguacate, cantón Atahualpa, provincia El Oro. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 30(3):91-101.

COSTO MARGINAL DE LA VARIEDAD DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) MARAVILLA DEL INIFAP EN EL ESTADO DE HIDALGO: APROXIMACIÓN A UNA EVIDENCIA EMPÍRICA

Alejandra Vélez Izquierdo[1]*, Mauricio Arturo Guillen Alvarado[2], José Antonio Espinosa García[1], René Gómez Mercado[3]

[1]CENID FyMA-INIFAP; [2]CP, Economía, Campus Montecillos; [3]SE Hidalgo, CIRCE-INIFAP
*Autor para correspondencia: velez.alejandra@inifap.gob.mx

Palabras clave: Costos de producción, función polinómica, rendimiento.

Introducción

En México la producción de cebada se destina al consumo animal y para la industria cervecera principalmente. En el año de 2023 se sembraron 305,611.3 ha, (SIAP, 2024), que produjeron 832,037.3 t, con un rendimiento de 2.8 t/ha. Este cereal es uno de los cultivos más importantes en la región de los Valles Altos que comprende los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México (SIAP, 2024). En esta región la producción de cebada se destina principalmente para la industria maltera (SAGARPA, 2017), mientras que los residuos derivados (paja y granos que no cumplen los requerimientos mínimos de calidad) se utilizan como complemento alimenticio en las dietas de ganado bovino, ovino o caprino (Reyes *et al.*, 2013). La cebada se produce en 18 estados del país, de los cuales el estado de Hidalgo ocupa el 1er lugar, en el año 2023 se sembraron 102,354.7 ha que produjeron 174,298.6 t, con rendimiento promedio de 1.78 t/ha (SIAP, 2024).

El uso de las variedades por parte de los productores responde no sólo al conocimiento técnico y al rendimiento obtenido, también a los costos que incurren en la producción de la misma, y que, sin duda, influyen en la lógica de toma de decisiones del productor. Una unidad de producción agrícola incurre en costos cuando produce un determinado producto, tales como salarios, rentas por la tierra, el pago por la adquisición de los insumos necesarios para la producción y costos financieros en forma de intereses, entre otros. Existen diversos tipos de costos y la clasificación de los mismos (Miller y Meiners, 1992). La importancia del conocimiento y análisis de los mismos, radica en la información que proporcionan para la toma de decisiones del productor en su papel de administrador/gerente y dueño de la empresa agrícola, en este sentido, el conocer el costo total, el costo variable y el costo fijo es importante, no obstante; conceptos como el costo medio (costo promedio) y el costo marginal en el corto plazo y del análisis estático comparativo, permiten tener información relacionada con la eficiencia. Sin embargo; para el caso del costo marginal, su cálculo en la práctica no se obtiene fácilmente, derivado de la falta de información y la "cierta" complejidad para su cálculo, como el poder construir y estimar una función de costos y obtener la primera derivada de dicha función y que, por definición del costo marginal, es el cambio en el costo total cuando se presenta una variación de una unidad en la tasa de producción. Por lo tanto; el objetivo del presente trabajo fue calcular el costo marginal de producir la variedad de cebada (*Hordeum vulgare*) Maravilla del INIFAP en el estado de Hidalgo.

Materiales y métodos

Obtención de la información. Se obtuvo información en campo mediante el diseño de un cuestionario que se aplicó a una muestra de productores de cebada en Hidalgo. El cuestionario estuvo integrado por los siguientes apartados: i) Datos generales del productor; ii) Costos de producción Ha^{-1} y iii) Rendimientos obtenidos. La información se recopiló a través de una encuesta estructurada aplicada a productores de cebada en el estado de Hidalgo, durante los meses de julio a agosto de 2024. Se determinó un tamaño de muestra mediante la fórmula para muestreo Aleatorio Simple (Infante y Zarate, 1990), $n= Z^2S^2N/Ne^2+ Z^2S^2$. Donde n representa el tamaño de la muestra; N es el tamaño de la población objetivo: 50 productores de cebada en seis municipios del estado de Hidalgo, Z es el nivel de significancia al 95 %, S es la desviación estándar del rendimiento de productores de cebada (1.06) y es el error (0.112). El tamaño de muestra obtenido fue n=40 y se aplicaron durante los meses de julio a agosto de 2024. Se obtuvo el costo total de producción (CTP), con la expresión CTP=CVT (Costo variable total) + CFT (Costo Fijo total). El CVT se obtuvo al sumar el valor monetario de conceptos: labores mecanizadas, costos de mano de obra y costo de flete. En los costos fijos se consideró un costo de administración como un salario que se auto pagaría el productor por dicha actividad y que en promedio representa el 3 % del ingreso bruto total (IBT) más renta

de la tierra. Para cada componente de ambos costos se aplicó la siguiente expresión $\sum_{ji}^{i=1} Q_{ij} * Pr_{ij}$. Se calcularon los costos medios totales, variables y fijos, que es el cociente de cada concepto entre el rendimiento. Para el costo marginal (CMg), se ajustaron los costos totales de producción y el rendimiento como una función polinómica de grado k: $Y_i=B_iX_i+B_2X^2_j+\ldots+B_iX^k_i+u_i$. La información de las encuestas se concentró en una hoja de Excel ® y se obtuvieron estadísticas básicas, la función del costo total mediante el ajuste de la curva con JMP® 17.0 (SAS Institute, 2024) y par el CMg se obtuvo la primera derivada de la función del costo total, considerando a Y=costo total de producción y x=rendimiento.

Resultados y discusión

Descripción de la variedad Maravilla de cebada. La variedad Maravilla es una variedad de cebada grano para uso pecuario. Fue generada en el Campo Experimental Valle de México y liberada por el INIFAP en 2016 para siembras de temporal en los estados que comprenden los Valles Altos de México. Maravilla es resultado de la selección de líneas segregantes de cebada originadas de un cruzamiento múltiple realizado durante el ciclo primavera-verano de 1998. Es una variedad con hábito de crecimiento de primavera y se caracteriza por tener altura de planta de 70 a 90 cm., floración de 45 a 57 días, y madurez fisiológica de 94 a 115 días. Su comportamiento depende de las condiciones ambientales, fecha de siembra y manejo agronómico. Respecto a otras cebadas sembradas en la región, Maravilla tiene un ciclo de cultivo más precoz que la variedad de cebada maltera Esmeralda, por ejemplo, presenta tolerancia a infecciones de roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. hordei West*) y roya de la hoja (*Puccinia hordei Otth*), además de tolerancia moderada a mancha reticular (*Helminthosporium teres Sacc*). La fecha de siembra recomendada es del 1 de mayo al 30 de junio, con densidad de siembra de 100 kg ha-1 y dosis de fertilización de 60-46-30 (N-P-K) (Zamora *et al.*, 2017).

Características de los productores. Las encuestas se aplicaron en los municipios de Almoloya el 60%, Apan 5%, Tlanalapa 5%, Tepeapulco 15%, Zempoala 10% y San Salvador 5%. La edad promedio de los productores es de 50 años con un máximo de 82 y mínimo de 21 años. La escolaridad de los productores fue principalmente de educación secundaria en 40%, con primaria 15%, preparatoria 35%, licenciatura 2.5% y 7.5% con posgrado. La superficie promedio dedicada a la producción de cebada fue de 14 Ha, con un mínimo de 0.25 y máximo de 100 Ha. La producción es bajo condiciones de temporal.

Costos de producción de la variedad Maravilla. El porcentaje del costo promedio de las actividades mecanizadas representa el 39% de los costos totales de las cuales la siembra y la cosecha son las que reportaron realizarlas el 100% de los encuestados, seguido del promedio de los costos de los insumos con el 29% y el 18.5% del costo promedio de la renta de la tierra (Cuadro 1). El costo de la mano de obra representa el 12 % del costo total promedio, y se ocupan en total del proceso nueve jornales en promedio. La compra de fertilizantes representa el mayor promedio en la adquisición de insumos con una variación alta de los valores mínimos y máximos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Costos de producción de la variedad Maravilla en Hidalgo.

Concepto	Media	Min	Máx	Concepto	Media	Min	Máx
Subsoleo (n=32)	1,458	800	2,000	MdO/siembra (n=14)	1	1	2
Barbecho (n=19)	1,816	1,200	2,100	Cost MdO siembra (n=14)	261	150	500
Rastreo (n=39)	973	800	1,300	MdO /Fertilización (n=24)	2	1	3
Rastreo cruzado (n=17)	971	850	1,300	Cost MdO fertilización (n=24)	373	150	500
Siembra (n=40)	865	600	1,000	MdO /control de maleza (n=25)	1	1	3
Cosecha (n=40)	1,503	1,200	1,900	Cost MdO_maleza (n=25)	428	200	500
CT labores mecanizadas (n=40)	**6,338**	**4,100**	**8,300**	MdO /control de plagas (n=22)	2	1	3
Cant de semilla en Kg (n=40)	114	100	155	Cost MdO_plagas (n=22)	384	200	500
Cost semilla (n=40)	1,263	1,000	1,800	MdO/contrypreven enfer (n=17)	2	1	3
Cost fertilizantes (n=33)	2,049	300	4,250	Costo MdO enfermedades (n=17)	382	200	500
Cost Insumo maleza (n=33)	1,073	240	3,000	MdO /cosecha (n=6)	1	1	1
Cost insumo plagas (n=36)	583	100	1,600	Cost MdO cosecha (n=6)	1,467	1,300	1,700
Cost insumo enfermedades (n=30)	713	100	2,200	**Costo total Mano de obra (n=35)**	**1,981**	**200**	**4,500**
Costo total de insumos (n=40)	**4,717**	**1,500**	**8,750**	Cost Flete (n=8)	225	150	500
Costo de administración (n=40)	385	185	506	Cost renta de la tierra (n=40)	3,000	3,000	3,000

Cost= costo, MdO= mano de obra, contrypreven enfer= control y prevención de enfermedades. Min= Mínimo y Máx.= Máximo. Fuente: Elaboración propia con información obtenida de una muestra de 40 encuestas aplicadas en 2024.

El costo total en promedio de producir una t^{-1} de variedad de cebada Maravilla fue de $16,218, y el costo variable promedio represento el 79 %. El costo promedio que también es el costo unitario por tonelada fue en promedio de $4,491, al compararlo con precio promedio reportado, se observa un margen de ganancia

aceptable, aun cuando el máximo sea de más de $8,000. Los rendimientos reportados cumplen con lo esperado de la variedad y alcanzaron hasta 6 t^{-1} (Cuadro 2).

Cuadro 2. Costos totales, medios y rendimiento de la variedad Maravilla en Hidalgo.

Concepto	Media	Min	Máx	Clasificación	Media	Min	Máx
Costo Fijo Total	3,385	3,185	3,506	Costo Fijo Medio total	1,000	574	2,671
Costo Variable Total	12,833	6,150	16,850	Costo Marginal	2,436	1,301	4,485
Costo Total de producción	16,218	9,335	20,356	Rendimiento (Rend) t^{-1}	4	1	6
Costo Medio total	4,491	3.024	8,380	Precio 2024 t^{-1}	8,571	7.983	9,579
Costo Variable Medio total	3,491	2,450	5,708	Ingreso Bruto	33,797	10,218	52,368

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de una muestra de 40 encuestas aplicadas en 2024.

Costo marginal de la variedad Maravilla. La función de costo total obtenida fue: $CTP=8,976+2,013Rend_1-370Rend^2_1+64Rend^3_1$, con un ajuste de $R^2=0.67$ y Prob > F=<.0001* (Figura 1). Dicha función satisface las restricciones de 1. β_0, β_1 y $\beta_3>0$; 2. $\beta_2<0$ y 3. $B^2_2<3\beta_1\beta_3$. En el corto plazo se espera que la función del costo marginal sea una parábola (Figura 2). El costo marginal se obtuvo al derivar la función de CTP= dCTP/dRend=$2,103-740 $Rend_1+192$ $Rend^2_1$. Al sustituir los valores de la variable dependiente se obtuvo el Costo marginal para cada observación y la representación gráfica del mismo (Figura 2). La interpretación del costo marginal es que, ante un cambio de una unidad producida (en este caso de una tonelada de cebada Maravilla) el costo total se incrementará en promedio en $2,438 en el corto plazo. En el punto en el cual igual el costo medio total iguala al costo marginal a una tasa de producción dada, el costo medio total alcanza su punto mínimo al producir aproximadamente 5 t^{-1} con un costo medio total de $3,000.

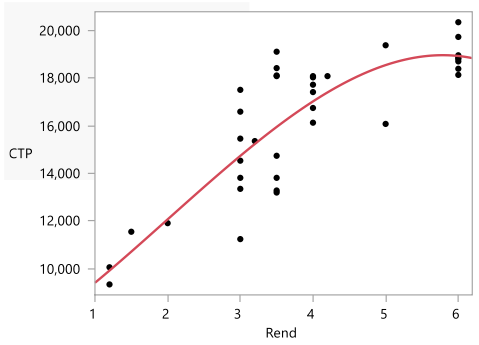


Figura 1. Ajuste bivariante del Costo total de producción en función del rendimiento.

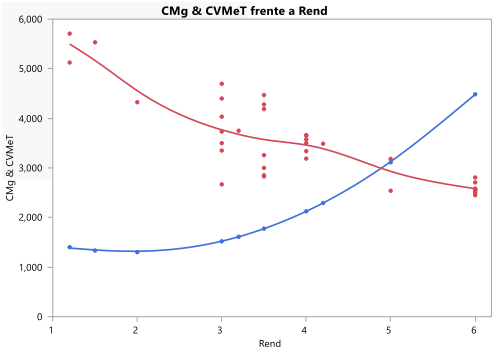


Figura 2. Costo medio total y costo marginal.

Conclusiones

Los resultados obtenidos son congruentes con lo planteado por la teoría microeconómica de costos para un análisis estático y de corto plazo, sin embargo, la cantidad de observaciones, así como la naturaleza de los mismos influyen en el ajuste del modelo, es necesario contar con una mayor cantidad de datos, así como la calidad de los mismos para generar recomendaciones que el productor pueda entender e incorpore a su proceso de toma de decisiones.

Referencias bibliográficas

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Producción agrícola: Cierre de la producción agrícola. Disponible en: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/. Consultado en 19 de junio de 2025.

Infante G., S. y Zarate de L. G.P. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. Colegio de Postgraduados. Mundi-Prensa España. 642 p.

Miller, R. L. Meiners, R. E. 1992. Microeconomía. 3ª edición, McGRAW-HILL. Bogotá, Colombia, 703 p.

Zamora D., M.R.; Pérez R., J.A.; Huerta Z., R.; López C., M.L.; Gómez M., R.; Rojas M., I., 2017. Maravilla: variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México. Rev Mex Cie Agrí, 8(6):1449-1454.



ÁREA FORESTAL

“EL OCASO” */ Liliana Muñoz Gutiérrez*

60ª | Reunión científica

2025 • SAN LUIS POTOSÍ

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

Comité Científico del Área Forestal

PRESIDENTE

Rogelio Flores Velázquez, INIFAP

EDITORES

Rogelio Flores Velázquez, INIFAP
Elba Rojas Díaz, INIFAP

RESPONSABLES DE SECCIÓN

Miguel Ángel Vallejo Reyna	INIFAP	BIOTECNOLOGÍA, GENÉTICA Y GENÓMICA FORESTAL
Efraín Velasco Bautista	INIFAP	MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
Martín Martínez Salvador	UACH	
Andrés Flores García	INIFAP	PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES
Martín Gómez Cárdenas	INIFAP	CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL
Victor Javier Arriola Padilla	INIFAP	PROTECCIÓN, MANEJO DEL FUEGO Y SALUD FORESTAL
Martha Elena Fuentes López	INIFAP	TECNOLOGÍA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES

Revisores por sección

BIOTECNOLOGÍA, GENÉTICA Y GENÓMICA FORESTAL

Carlos Iván Cruz Cárdenas	INIFAP
Carlos Román Castillo Martínez	INIFAP
Florencia García Campusano	INIFAP
Francisco Fabián Calvillo Aguilar	INIFAP
Gabriela Sandoval Cancino	INIFAP
Grecia Montalvo Fernández	PCTY-UNAM
José Vidal Cob Uicab	INIFAP
Karla Alicia Peraza Jiménez	UACAM
Miguel Ángel Vallejo Reyna	INIFAP
Marco Aurelio Aragón Magadán	INIFAP
Yajima Yahoscana Osorno Borst	ENCB-IPN

MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS AMBIENTALES

Adrián Hernández Ramos	INIFAP
Aldo Rafael Martínez Sifuentes	INIFAP
Alma Delia Ortiz Reyes	INIFAP
Angel Saul Cruz Ramírez	INIFAP
Antonio González Hernández	INIFAP
Arian Correa Díaz	INIFAP
Bossuet Gastón Cortes Sánchez	INIFAP
David Efraín Hermosillo Rojas	UACH
Francisco Moreno Sánchez	INIFAP
Gabriel Sosa Pérez	INIFAP
Georgel Moctezuma López	INIFAP
Gerónimo Quiñonez Barranza	INIFAP
Guadalupe Fabiola Reygadas Prado	INIFAP
Guillermo Sánchez Martínez	INIFAP
Jaqueline Xelhuantzi Carmona	INIFAP
Jesús Alejandro Prieto Amparan	UACH
José Antonio Hernández Moreno	INIFAP
José Carlos Monárrez González	INIFAP
José Germán Flores Garnica	INIFAP
José Luis Jolalpa Barrera	INIFAP
Juan de Dios Benavides Solorio	INIFAP
Julián Cerano Paredes	INIFAP
Karla Vanessa de Lira Ramos	INIFAP

Leticia Bonilla Valencia	INIFAP
Luis Ubaldo Castruita Esparza	UACH
Marisela Cristina Zamora Martínez	INIFAP
Martín Enrique Romero Sánchez	INIFAP
Martín Juárez Morales	UACH
Martin Martínez Salvador	INIFAP
Nadia Silvana Santini González	UNAM
Nathalie Socorro Hernández Quiroz	UACH
Ramiro Peréz Miranda	INIFAP
Raúl Corrales Lerma	UACH
Raúl Narváez Flores	UACH
Vidal Guerra De la Cruz	INIFAP
Xavier García Cuevas	INIFAP

PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES

Alejandro Corona Ambríz	UACh
Alma Delia Ortiz Reyes	INIFAP
Andrés Flores García	INIFAP
Carlos Román Castillo Martínez	INIFAP
Celi Gloria Calixto Valencia	INIFAP
Erickson Basave Villalobos	INIFAP
Ernesto Alonso Rubio Camacho	INIFAP
Florencia García Campusano	INIFAP
Georgina Vargas Simón	UJAT
Gerónimo Quiñonez Barraza	INIFAP
Hipólito Jesús Muñoz Flores	INIFAP
Javier López Upton	COLPOS
Jorge Méndez González	UAAAN
José Ángel Sigala Rodríguez	INIFAP
José Carlos Monárrez González	INIFAP
José Luis García Pérez	INIFAP
Juan Carlos Tamarit Urias	INIFAP
Liliana Muñoz Gutiérrez	INIFAP
Manuel Aguilera Rodríguez	UACh
Mario Valerio Velasco García	INIFAP
Marcos Jiménez Casas	COLPOS
Marisela Cristina Zamora Martínez	INIFAP
Olga Santiago Trinidad	INIFAP
Rubén Barrera Ramírez	INIFAP

Salvador Sampayo Maldonado	UNAM
Tomás Pineda Ojeda	INIFAP
Xavier García Cuevas	INIFAP

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL

Alfonso Núñez Santiago	Agricultura
Angelina Bautista Cruz	CIDyATFA
Areli Madaí Guzmán Pozos	COLPOS
Francisco Becerra Luna	INIFAP
Berenice Ramírez López	Agricultura
Bertario Sánchez Rosales	COLPOS
Edith Jiménez Muñoz	INIFAP
Erickson Basave Villalobos	INIFAP
Feliciana Martínez Aranda	COLPOS
Hipólito Jesús Muñoz Flores	INIFAP
J. Trinidad Sáenz Reyes	INIFAP
Jorge Reyes Reyes	UNACH
José Rafael Contreras Hinojosa	INIFAP
Juan Carlos Guzmán Santiago	CIDyATFA
Martín Enrique Romero Sánchez	INIFAP
Martín Gómez Cárdenas	INIFAP
Nahum M. Sánchez Vargas	UMSNH
Rigoberto Cubas González	CIDyATFA
Rubén Barrera Ramírez	INIFAP
Yanet Melisa Santos Torres	COLPOS

PROTECCIÓN, MANEJO DEL FUEGO Y SALUD FORESTAL

Alejandro Daniel Camacho Vera	ENCB-IPN
Ángel Emmanuel Cruz Estrada	INIFAP
Armando Burgos Solorio	UAEM
Dionicio Alvarado Rosales	COLPOS
Eduardo Jiménez Quiroz	COLPOS
Ek del Val de Gortari	IIES - UNAM
Gabriela Orozco Gutiérrez	INIFAP
Gabriela Ramírez Ojeda	INIFAP
José Francisco Reséndiz Martínez	INIFAP
José Germán Flores Garnica	INIFAP
Juan de Dios Benavides Solorio	INIFAP
Ramiro Pérez Miranda	INIFAP

Silvia Edith García Díaz	UACh
Victor Javier Arriola Padilla	INIFAP

TECNOLOGÍA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES

Artemio Carrillo Parra	UJED
Edna Elena Suárez Patlán	INIFAP
Flora Apolinar Hidalgo	INIFAP
Idalia Zaragoza Hernández	PROFESIONISTA INDEPENDIENTE
Joel Rascón Solano	UACH
José Rodolfo Goche Télles	UJED
Juan Carlos Tamarit Urias	INIFAP
Martha Elena Fuentes López	INIFAP
René Gómez Mercado	INIFAP
José Amador Honorato Salazar	INIFAP

Área Forestal

SECCIÓN 1. BIOTECNOLOGÍA, GENÉTICA Y GENÓMICA FORESTAL 1609

BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA CONSERVACIÓN DE ORQUÍDEAS MEDICINALES EN LA HUASTECA POTOSINA 1610

VARIACIÓN GENÉTICA EN CRECIMIENTO, ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y ARQUITECTURA DE RAÍZ Y SU VALOR ADAPTATIVO EN PROGENIES DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl 1613

ESTRUCTURA GENÉTICA DE AHUEJOTE (*Salix bonplandiana* Kunth) EN XOCHIMILCO EVALUADA CON AFLP PARA DIFERENCIAR REPRODUCCIÓN CLONAL Y SEXUAL 1616

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA BIOINFORMÁTICA PARA OPTIMIZAR AFLP EN ESPECIES NO MODELO 1619

MANEJO DE PLANTA DONADORA INJERTADA PARA LA CLONACIÓN DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. *et C*ham 1622

EVALUACIÓN DEL ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Pinus leiophylla Schie* ex Schl & Cham POR MEDIO DE ACODOS AÉREOS 1625

GERMINACIÓN *IN VITRO* DE DOS ESPECIES DE CACTÁCEAS NATIVAS DEL GÉNERO *Astrophytum* (FAM.: CACTACEAE) 1628

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN ENSAYOS DE PROGENIE DE *Pinus patula* Schltdl. & Cham EN EL SUR DE MÉXICO 1631

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y RESPUESTA GERMINATIVA *IN VITRO* DE SEMILLAS DE *Peniocereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose 1634

COMPARACIÓN DE LA FORMACIÓN DE BROTES *IN VITRO* DE *Agave potatorum* Zucc. EN MEDIO SÓLIDO Y SISTEMA DE INMERSIÓN TEMPORAL (RITA) 1637

SISTEMAS DE INMERSIÓN TEMPORAL EN LA MICROPROPAGACIÓN DE *Agave cupreata* Trel. & A. Berger. 1640

VARIACIÓN EN LA FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE UN HUERTO SEMILLERO DE 2ª GENERACIÓN 1643

SECCIÓN 2. MANEJO FORESTAL SUSTENTABLE Y SERVICIOS AMBIENTALES 1646

COMPARACIÓN DE INFORMACIÓN DE SENSORES REMOTOS Y ANILLOS DE CRECIMIENTO EN EL ANÁLISIS TEMPORAL DE INCENDIOS FORESTALES 1647

LOS PEROLES, SITIO CON ÁRBOLES LONGEVOS DE AHUEHUETE (*Taxodium mucronatum* Ten.): ANÁLISIS DEL INCREMENTO RADIAL EN EL ÚLTIMO MILENIO 1650

PREDICCIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS DERIVADAS DE NUBES DE PUNTOS FOTOGRAMÉTRICAS 1653

HACIENDA DE PEOTILLOS, ANÁLISIS DEL CLIMA DEL PERÍODO 1863-2018 MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO DE AHUEHUETE (*Taxodium mucronatum* Ten.) 1656

MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN TOTAL ÁRBOL DE JUNIPERUS BASADO EN MÉTRICAS DE ALTURA DE NUBE FOTOGRAMÉTRICA 1659

REGIMENES DE INCENDIOS EN LA RESERVA TUTUACA Y SU CAMBIO A TRAVÉS DEL TIEMPO 1662

ECUACIONES ADITIVAS PARA ESTIMAR PESO VERDE DE BIOMASA AÉREA DE LA PALMA *Brahea dulcis* EN COMUNIDADES INDÍGENAS DEL SEMIARIDO POBLANO 1665

PREDICCIÓN ESPACIALMENTE EXPLÍCITA DE BIOMASA AÉREA EN UN BOSQUE TEMPLADO BAJO MANEJO EN PUEBLA 1668

VALIDACIÓN DEL MODELO LOCAL ALTURA-DIAMETRO PARA ÁRBOLES DE OYAMEL (*Abies religiosa* Kunth Schltdl. et Cham.) EN TLAXCALA, MÉXICO. 1671

ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA MEDIANTE BOOTSTRAP EN UN BOSQUE DE CHIGNAHUAPAN, PUEBLA: TENDIENDO A LA NORMALIDAD 1674

MODELO ALTURA TOTAL-DIÁMETRO NORMAL PARA *Swietenia macrophylla* King. EN QUINTANA ROO, MÉXICO 1677

ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN BAJO DOSEL EN UN BOSQUE TEMPLADO BAJO MANEJO SILVÍCOLA 1680

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN UN ESCENARIO ACTUAL DE *Agave potatorum* Zucc EN MÉXICO . 1683

CONTRIBUCIÓN FUNCIONAL DE LOS MACROMICETOS EN TRATAMIENTOS SILVÍCOLAS EN UN BOSQUE TEMPLADO 1686

INCREMENTO EN DIÁMETRO PARA *Swietenia macrophylla* King. EN QUINTANA ROO, MÉXICO.. 1689

DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL GÉNERO *Dendroctonus* EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE 1692

ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA MEDIANTE MUESTREO BIETÁPICO EN UN BOSQUE DE NANACAMILPA, TLAXCALA, MÉXICO 1695

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL MANEJO FORESTAL: CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL MEDIANTE ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO 1698

RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO EN EL MANTILLO DE BOSQUES TEMPLADOS BAJO MANEJO FORESTAL 1701

DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS DEL ARBOLADO URBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO. 1704

CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA EN CHIGNAHUAPAN Y ZACATLÁN, PUEBLA: DINÁMICAS RECIENTES Y SUS IMPLICACIONES TERRITORIALES 1707

EFECTO DEL NÚMERO DE ÁRBOLES EN LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO MIXTO DE ALTURA-DIAMETRO DE *Pinus douglasiana* Martínez 1710

VARIABLES ÓPTICAS DERIVADAS DE IMÁGENES RGB DE DRONES COMO AUXILIARES PARA ESTIMAR BIOMASA DE *Larrea tridentata* EN EL NORTE DE MÉXICO 1713

SISTEMA COMPATIBLE DE AHUSAMIENTO Y VOLUMEN COMERCIAL PARA *Cedrela odorata* L. EN QUINTANA ROO 1716

BOSQUES GESTIONADOS CON FINES MADERABLES EN EL CENTRO DE MÉXICO: ¿FUENTE O SUMIDERO DE CARBONO? 1719

DIVERSIDAD DE ESPECIES EN BOSQUES BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS SILVICOLAS Y DOS CONDICIONES DE HUMEDAD EN CHIGNAHUAPAN, PUEBLA 1722

ECUACIONES DE VOLUMEN PARA TRES ESPECIES DE ENCINO EN LA SIERRA DE SANTA ROSA, GUANAJUATO 1725

VOLUMEN MADERABLE MEDIANTE MUESTREO BIFASICO EN UN BOSQUE BAJO MANEJO DE CHIGNAHUAPAN, PUEBLA 1728

MODELOS ALOMÉTRICOS ADITIVOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO EN PLANTACIONES DE PINOS TROPICALES 1731

DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS EN DOS EXPOSICIONES DEL CERRO "TATA BEGOO" EN MALINALTEPEC, GUERRERO 1734

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA INVESTIGACIÓN ECONÓMICO-AMBIENTAL EN CIENCIAS FORESTALES 1737

MANEJO FORESTAL Y SU IMPACTO SOBRE EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE DIVERSIDAD ARBÓREA EN BOSQUE TEMPLADO DE DURANGO, MÉXICO 1740

DINÁMICA DEL CARBONO EN BOSQUES TEMPLADOS BAJO DIFERENTE MANEJO: ESTUDIO DE CASO EJIDO ECHEVERRÍA DE LA SIERRA, DURANGO 1743

SECCIÓN 3. PLANTACIONES FORESTALES Y SISTEMAS AGROFORESTALES 1746

VARIACIÓN ADAPTATIVA EN CARACTERES MORFOLÓGICOS DE PLÁNTULAS DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham 1747

MODELOS DE ALTURA-DIÁMETRO PARA PLANTACIONES DE Swietenia macrophylla King EN QUINTANA ROO, MÉXICO 1750

CALIDAD DE PLANTA DE *Pinus greggii Engelm.,* PRODUCIDA PARA LOS PROGRAMAS DE REFORESTACIÓN EN EL ESTADO DE MÉXICO 1753

INDICADORES REPRODUCTIVOS DE ÁRBOLES DE *Pinus oocarpa* Schiede *ex* Schldtl. CON DIFERENTE PRODUCCIÓN DE RESINA 1756

PROPAGACIÓN POR SEMILLAS DE COPAL SANTO (*Bursera heliae* Rzed. & Calderón). 1759

LA SEQUÍA EN EL DESARROLLO EN ALTURA DE UN ENSAYO DE PROGENIES DE *Pinus engelmannii* CARR., EN TEMECHI, CHIHUAHUA. 1762

VARIACIÓN DE CARACTERES DENDROMÉTRICOS EN PROCEDENCIAS DE *Pinus oocarpa* Schiede *ex* Schltdl. EN SITIOS CONTRASTANTES EN OAXACA 1765

PRODUCCIÓN DE PORTAINJERTOS DE *Pinus pseudostrobus* var. *Apulcensensis* PARA ESTABLECIMIENTO DE HUERTOS SEMILLEROS ASEXUALES 1768

ECUACIONES ADITIVAS DE BIOMASA AÉREA PARA Lysiloma latisiliquum (L.) Benth. EN EL SUR DE YUCATÁN 1771

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE *Acacia schaffneri* EN RESPUESTA AL USO DE TUBOS PROTECTORES Y OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO 1774

MODELOS DE AHUSAMIENTO-VOLUMEN DE *Tectona grandis* L.f. EN PLANTACIONES DE LA COSTA DE JALISCO Y NAYARIT 1777

USO DEL ASERRÍN COMO SUSTRATO ALTERNATIVO Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE *Pinus engelmannii* Carr. EN VIVERO 1780

INCIDENCIA DE LA FERTILIZACIÓN DE LENTA LIBERACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Agave durangensis* Gentry DESPUÉS DE SU TRASPLANTE A BOLSA EN VIVERO 1783

FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA E INOCULACIÓN MICORRÍCICA EN EL CRECIMIENTO Y COLONIZACIÓN DE *Neltuma laevigata* EN VIVERO 1786

RESISTENCIA DE PROCEDENCIAS DE *Pinus oocarpa* AL ESTRÉS POR SEQUÍA 1789

CARACTERIZACIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE CEPAS DE *Suillus granulatus* (L.) Roussel *IN VITRO* 1792

SECCIÓN 4. CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN FORESTAL 1795

MAPAS DE CALOR DE LA PRESENCIA DE MAMÍFEROS EN EL SITIO EXPERIMENTAL LAS MARGARITAS, HUEYTAMALCO PUEBLA 1796

CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CUENCA TIERRA Y LIBERTAD, CHIAPAS, MÉXICO 1799

CARACTERÍSTICAS DE PLANTAS DE *Agave durangensis* PRODUCIDAS CON SUSTRATO COMPUESTO POR ASERRÍN DE PINO 1802

LA BIODIVERSIDAD COMO INDICADOR DE ACCIONES POST RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN SITIOS CON HISTORIAL DE EXPLOTACIÓN MINERA 1805

HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES EN LOS LEPTOSOLES DE MÉXICO 1808

CALIDAD DE PLANTA DE PAROTA (*Enterolobium cyclocarpum*) CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS, TIPOS DE SUSTRATOS E INOCULACIÓN CON *Trichoderma* spp. 1811

IDONEIDAD DE HÁBITAT DE *Echinocactus platayacanthus* Link & Otto EN ÁREAS SUJETAS A CONSERVACIÓN EN MÉXICO 1814

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE *Pinus coulteri* D. Don 1817

POTENCIAL DE DISTRIBUCIÓN DE GUAJE (*Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth.) 1820

LLUVIA DE SEMILLAS DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DEL MONTE TLÁLOC DEL ESTADO DE MÉXICO. 1823

IMPACTO DE LA FECHA DE COLECTA SOBRE LA GERMINACIÓN DE *Agave durangensis* 1826

INDICADORES DE RECUPERACIÓN DEL SUELO EN RESPUESTA A PRÁCTICAS DE RESTAURACIÓN EN LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ 1829

ÉXITO DE INJERTOS RECÍPROCOS CON DOS VARIEDADES DE *Pinus pseudostrobus* Lindl. 1832

TENDENCIAS DE CAMBIO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA: UN ESTUDIO DE CASO EN EL LIMÓN DE CUAUCHICHINOLA, MORELOS, MÉXICO 1835

ESTUDIO MICROSCÓPICO DE LA DINÁMICA INTRA-ANUAL DE FORMACIÓN DE MADERA EN LOS EXTREMOS DEL GRADIENTE ALTITUDINAL DE *Pinus hartwegii* EN MONTE TLÁLOC, ESTADO DE MÉXICO 1838

RASGOS DIMENSIONALES Y PROCESO DE IMBIBICIÓN DE SEMILLAS DE DOS POBLACIONES RELICTO DE *PINUS MAXIMARTINEZII* RZED. 1841

CLASIFICACIÓN DE SEMILLAS DE *Andira galeottiana* Standl. (FABACEAE). COMO ORTODOXA, INTERMEDIA O RECALCITRANTE SEGÚN SU TOLERANCIA A LA DESECACIÓN. 1844

RESPUESTA AL ALMACENAMIENTO Y DETERIORO DE SEMILLAS DE *Andira galeottiana* STANDL. (FABACEAE). 1847

CRECIMIENTO DE INJERTOS DE *Pinus greggii* var. *australis* EN CONDICIONES DE CAMPO Y SU RELACIÓN CON SUS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS 1850

DINÁMICA DEL CAMBIO DE USOS DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO NAZAS, DURANGO 1853

USO DE LA RELACIÓN-DIÁMETRO ALTURA PARA REDUCIR COSTOS AL EVALUAR REFORESTACIONES EN LA MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA. 1856

SECCIÓN 5. PROTECCIÓN, MANEJO DEL FUEGO Y SALUD FORESTAL 1859

PROPORCIÓN CONDICIONAL DE CARGAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MODELOS DE COMBUSTIBLES FORESTALES 1860

DETERMINACIÓN DE ANCHO DE BANDA PARA EL MAPEO DE LA DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES 1863

MODELOS CLIMÁTICOS APLICADOS A LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL MUÉRDAGO ENANO EN BOSQUES BAJO MANEJO EN LA SUBCUENCA LAXAXALPAN, PUEBLA 1866

VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE EL DESARROLLO DE *Dendroctonus adjunctus* Blandford (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN EL NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO 1869

BIOLOGÍA DE *Dendroctonus mexicanus* Hoppkins (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO 1872

GENERACION SEMI-AUTOMATIZADA DE CARTOGRAFIA DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES 1875

SISTEMA INTEGRAL PARA EL CALCULO DE COMBUSTIBLES FORESTALES 1878

CARACTERIZACIÓN DE COMBUSTIBLES FORESTALES EN EL BOSQUE TEMPLADO PARA EL MANEJO DE RESERVORIOS DE CARBONO 1881

EFECTO DE INCENDIOS EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE *Pinus greggii* var. *greggii* Engelm. EN LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA 1884

IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DEL PATÓGENO ASOCIADO AL PARCHE GANGRENOSO EN HULE (*Hevea brasiliensis*) EN VERACRUZ, MÉXICO. 1887

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ÁREAS AFECTADAS POR FUEGO Y SU IMPACTO SOBRE LA COBERTURA VEGETAL, ANALISIS MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN 1890

SISTEMA DE CAPTURA Y EVALUACIÓN DE RESTAURACIÓN DE REGENERACION 1893

SECCIÓN 6. TECNOLOGÍA Y COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS FORESTALES 1896

EFICIENCIA Y VIABILIDAD DE LOS TALADROS INALÁMBRICOS EN EL MUESTREO DE ANILLOS DE CRECIMIENTO 1897

VARIACIÓN DE LIGNINA Y ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MADERA DE *Alchornea latifolia* 1900

DESAFÍOS DE LA SOBREPRODUCCIÓN DE AGAVE MEZCALERO EN OAXACA, MÉXICO 1903

ANÁLISIS NO DESTRUCTIVOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN MADERA DE *Pinus patula* ... 1906

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERA DE *Ulmus pumila* L. MEDIANTE ENSAYOS MECÁNICOS Y UN MÉTODO NO DESTRUCTIVO 1909

EFECTO DEL TAMAÑO DE PROBETA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA de *Pinus pseudostrobus* Lindl. 1912

DETERMINACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE *Populus alba* L. 1915

CARACTERIZACIÓN DE CARBÓN VEGETAL ELABORADO CON DOS RAMPAS DE CALOR A PARTIR DE ESPECIES TROPICALES. 1918

LABORATORIO VIRTUAL PARA LA DENDROECOLOGÍA: SIMULACIÓN DE LA RESPUESTA DEL CRECIMIENTO A VARIABLES CLIMÁTICAS 1921

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL CON HORNOS METALICOS CEVAG EN BAJA CALIFORNIA 1924

INFLUENCIA DE LA PROPORCIÓN DE MADERA TEMPRANA Y TARDÍA EN PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Pinus patula* Schl. et Cham 1927

COEFICIENTE DE ASERRÍO Y VARIACIÓN DE CORTE DE *Abies religiosa* EN EL ASERRADERO PIEDRA ANCHA, CHIGNAHUAPAN, PUEBLA 1930

OTRO MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO PARA ESTIMAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE PINO 1933

SECCIÓN 1

Biotecnología, genética y genómica forestal



"FORESTAL *In vitro*" / *Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez*

BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA CONSERVACIÓN DE ORQUÍDEAS MEDICINALES EN LA HUASTECA POTOSINA

Luis Jesús Castillo-Pérez[1]*, Candy Carranza Álvarez[1], Juan José Maldonado-Miranda[1]

[1]Facultad de Estudios Profesionales Zona Huasteca. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

*Autor para correspondencia: jesus.perez@uaslp.mx

Palabras clave: conservación de recursos forestales, micropropagación, orquídeas medicinales,

Introducción

La Huasteca Potosina, en el noreste de México, destaca por su biodiversidad y riqueza cultural, albergando ecosistemas como selvas altas perennifolias y bosques mesófilos de montaña, con numerosas especies endémicas y de uso tradicional, incluyendo orquídeas de valor medicinal [1]. No obstante, la transformación del paisaje, el uso no sostenible y el cambio climático amenazan esta riqueza, lo que demanda estrategias integrales de conservación.

La propagación in vitro representa una herramienta biotecnológica clave para conservar y aprovechar sustentablemente orquídeas con valor medicinal, ecológico y ornamental. Esta técnica permite multiplicar plantas a partir de tejidos vegetales en condiciones estériles y controladas, generando individuos sanos disponibles todo el año, lo que reduce la presión sobre las poblaciones silvestres y posibilita la conservación ex situ de especies amenazadas, especialmente aquellas con germinación complicada o ciclos de vida largos [2].

Este estudio se centró en tres especies de orquídeas presentes en los ecosistemas forestales de la Huasteca Potosina, también valoradas por comunidades locales por sus propiedades medicinales: *Catasetum integerrimum* Hook., usada tradicionalmente para afecciones gastrointestinales; *Stanhopea tigrina* Bateman ex Lindl., considerada una de las orquídeas más bellas de México y con reciente evidencia de propiedades ansiolíticas [3]; y *Vanilla planifolia* Andrews, reconocida internacionalmente por su uso alimentario y propiedades medicinales derivadas de la vainillina.

El objetivo fue establecer protocolos de propagación *in vitro* que contribuyan tanto a la conservación de estas especies como a su aprovechamiento sostenible, fortaleciendo el conocimiento sobre la biodiversidad funcional de los ecosistemas forestales de la región.

Materiales y métodos

Obtención del material vegetal. Se recolectaron plantas adultas de las tres especies de orquídeas y las semillas fueron utilizadas como explantes primarios para la germinación. *C. integerrimum* se obtuvo en la comunidad de Antiguo Tambolón, perteneciente al municipio de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. En lo que respecta a *S. tigrina*, la planta madre fue obtenida en la comunidad de Rancho Nuevo, perteneciente al municipio de Xilitla, SLP, finalmente, los individuos de *V. planifolia* fueron obtenidos en la comunidad de Cuichapa, Matlapa, SLP.

Establecimiento del cultivo. Para la inducción del proceso de germinación se utilizó el medio basal con vitaminas MS (Murashige y Skoog, 1962; Phyto Technology Laboratories) suplementado con 30 g L^{-1} de sacarosa, 3.0 g L^{-1} de carbón activado (Karal S.A. de C.V, León, México) y 8 g L^{-1} de agar Plant (Phyto Technology Laboratories, Plant Tissue Culture grade). El pH de los medios de cultivo se ajustó a 5.7 y se esterilizaron a 120°C por 20 min (1.37×10^5 Pa). Los cultivos se mantuvieron a 25°C con un fotoperiodo de 16 horas de luz a 45 µmol m^{-2} s^{-1} y 8 horas de oscuridad, la luz fue suministrada con lámparas fluorescentes blanco frío (Phillips, Saltillo, México).

Inducción de brotes. En el caso de *C. integerrimum*, se utilizaron vitroplantas de 6 meses de edad (contadas desde la germinación). Las vitroplantas se cultivaron en medio MS suplementado con dos concentraciones de BAP (2.5 y 5.0 mg L^{-1}) o dos concentraciones de AIA (0.5 y 1.0 mg L^{-1}). Además, se evaluaron dos combinaciones de Bencil aminopurina/ ácido indol acético BAP/AIA (BAP 2.5 mg L^{-1} + AIA

0.5 mg L^{-1} y BAP 5.0 mg L^{-1} + AIA 1.0 mg L^{-1}), y se añadió un tratamiento control, que consistió únicamente en medio MS sin reguladores del crecimiento. En lo que respecta a *S. tigrina*, se utilizaron vitroplantas de 16 semanas de edad (contadas desde la germinación). Las vitroplantas se cultivaron en medio MS suplementado con dos concentraciones de BAP (5.0 y 10 mg L^{-1}) o con reactivos de extractos orgánicos. Los extractos se agregaron en las siguientes combinaciones: medio MS con 10 g L^{-1} de extracto de manzana (MMA), medio MS con 10 g L^{-1} de extracto de plátano (MPL) y medio MS con 30 mL L^{-1} de agua de coco (MCO). Finalmente, para *V. planifolia* se utilizaron protocormos de 16 semanas de edad, los cuales se cultivaron en medio MS sin extractos (control), medio MS con 10 g L^{-1} de extracto de piña (MPI), medio MS con 10 g L^{-1} de extracto de plátano (MPL) y medio MS con 30 mL L^{-1} de agua de coco (MCO).

Inducción de raíces. Para *C. integerrimum* se utilizaron brotes, los cuales se cultivaron en medio MS suplementado con diferentes tipos de auxinas: ácido indol acético (AIA), ácido indol butírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA) en concentraciones de 1.0, 2.5 y 5.0 mg L^{-1}, respectivamente. Como tratamiento control se utilizó medio MS sin auxinas. Para *S. tigrina* se utilizaron dos concentraciones diferentes de AIA (2.5 y 5,0 mg L^{-1}) o AIB (2.5 y 5.0 mg L^{-1}), estos se agregaron solos o en combinación con 100 mL L^{-1} de agua de coco o 1.0 µM de ácido salicílico. Finalmente, para *V. planifolia* se utilizaron brotes mayores a 4 cm, a los cuales se les adicionó medio MS con 10 g L^{-1} de extracto de piña, más 1 mg L^{-1} de BAP, más 0.5 mg L^{-1} de AIA. El otro tratamiento consistió en adicionar medio MS con 10 g L^{-1} de extracto de piña, más 1 mg L^{-1} de BAP, más 1.0 mg L^{-1} de AIA.

Análisis estadístico. Para las tres orquídeas se utilizó un diseño completamente al azar para comparar los tratamientos. Todos los datos fueron registrados como media ± error estándar de la media. Posteriormente, para cada variable se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía tipo modelo lineal general (MLG), verificando previamente los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Simirnov) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). Además, se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para comparar las medias entre los diferentes tratamientos. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistic para Windows, versión 8.0.

Resultados y discusión

Es importante aclarar que el presente proyecto se deriva de tres investigaciones previas, en las cuales se documentaron los protocolos de establecimiento *in vitro* de *C. integerrimum*, *V. planifolia* y *S. tigrina*[2,4,5]. A partir de dichos estudios, se consolidó una línea de trabajo orientada a la conservación y el aprovechamiento sustentable de estas orquídeas medicinales de la Huasteca Potosina. En esta sección, se presentan únicamente los tratamientos más exitosos obtenidos durante las fases críticas del cultivo *in vitro*: germinación de semillas, inducción de brotes y formación de raíces (Cuadro 1). La selección se realizó con base en criterios de eficiencia, viabilidad y potencial de escalamiento, con el objetivo de resaltar los avances técnicos que pueden ser replicables o transferibles a otros sistemas de propagación.

Cuadro 1. Tratamientos más efectivos en la propagación *in vitro* de orquídeas medicinales de la Huasteca Potosina.

Orquídea	Porcentaje de germinación	Inducción de brotes			Inducción de raíces		
		Mejor tratamiento*	Número de brotes	Número de hojas	Mejor tratamiento*	Número de raíces	Longitud de raíces
Catasetum integerrimum	90	2.5 de BAP + 0.5 de AIA	5.73 ± 0.45	5.84 ± 0.48	2.5 de AIA	11.20 ± 0.28	13.20 ± 0.28 cm
Stanhopea tigrina	100	5.0 de BAP + 30 de agua de coco	1.25 ± 0.35	2.65 ± 0.35 cm**	5.0 de AIA + 100 de agua de coco	9.00 ± 0.68	10.16 ± 0.26 cm

Vanilla planifolia	90	10 de extracto de piña	5.70 ± 3.50	6.9 ± 17.3 mm**	0.5 de AIA	13.00 ± 0.90	23.00 ± 0.90 mm

*Todos los tratamientos se adicionaron en concentraciones de mg L^{-1}. El agua de coco se agregó en mL L^{-1}.
**Estos valores corresponden a la longitud de los brotes, no al número de brotes producidos.

Como se puede observar en el Cuadro 1, para la fase de germinación, *S. tigrina* presentó el mayor porcentaje de éxito, alcanzando un 100 % de germinación bajo condiciones controladas, seguida por *C. integerrimum* y *V. planifolia*. Estos resultados confirman la viabilidad de la propagación *in vitro* como estrategia de conservación, especialmente para especies cuya reproducción en condiciones naturales es limitada. Durante la etapa de inducción de brotes, *V. planifolia* y *C. integerrimum* mostraron el mayor número de brotes por explante, utilizando como mejores tratamientos 10% de extracto de piña en el caso de *V. planifolia* y 2.5 mg/L de BAP combinado con 0.5 mg/L de AIA para *C. integerrimum*. En contraste, *S. tigrina* presentó un menor número de brotes, aunque con buen desarrollo foliar, inducido por 5.0 mg/L de BAP más 30 % de agua de coco. Estos resultados evidencian la necesidad de formular medios diferenciados según los requerimientos fisiológicos de cada especie. En cuanto a la inducción de raíces, los resultados destacan la efectividad del uso de auxinas como el AIA en combinación con aditivos orgánicos como el agua de coco para estimular la rizogénesis, especialmente en orquídeas, las cuales en condiciones naturales desarrollan sistemas radicales lentos y dependientes de otros factores bioquímicos y ecológicos. Los resultados obtenidos refuerzan el valor de las técnicas biotecnológicas como herramienta para la propagación eficiente de orquídeas medicinales contribuyendo a la conservación *ex situ* y a la exploración del potencial terapéutico de estas orquídeas.

Conclusiones

La aplicación de técnicas biotecnológicas como la micropropagación *in vitro* representa una herramienta fundamental para la conservación, producción y estudio de orquídeas en la Huasteca Potosina con valor medicinal, particularmente aquellas con hábitats restringidos o procesos reproductivos complejos. La obtención exitosa de vitroplantas de *Vanilla planifolia*, *Stanhopea tigrina* y *Catasetum integerrimum* demuestra que es posible establecer protocolos de propagación eficientes ajustados a las necesidades fisiológicas de cada especie.

Referencias bibliográficas

Castillo-Pérez, L. J., Ponce-Hernández, A., Alonso-Castro, A. J., Solano, R., Fortanelli-Martínez, J., Lagunez-Rivera, L., & Carranza-Álvarez, C. (2024). Medicinal orchids of Mexico: A review. Pharmaceuticals, 17(7), 907.

Carranza-Álvarez, C., Trinidad-García, K. L., Reyes-Hernández, H., Castillo-Pérez, L. J., & Fortanelli Martínez, J. (2021). Efecto de extractos orgánicos naturales sobre la micropropagación de Jacks. ex Andrews (Orchidaceae). Biotecnia, 23(1), 5-12.

del Carmen Díaz-Torres, R.; Yáñez-Barrientos, E.; Montes-Rocha, J.Á.; Morales-Tirado, D.J.; Alba-Betancourt, C.; Gasca-Martínez, D.; Gonzalez-Rivera, M.L.; del Carmen Juárez-Vázquez, M.; Deveze-Álvarez, M.A.; Isiordia-Espinoza, M.A.; et al. Ethnomedicinal study and pharmacological effects of the orchid Stanhopea tigrina Bateman ex Lindl. (Orchidaceae). Pharmaceuticals 2024, 17, 588.

Castillo-Pérez, L. J., Martínez-Soto, D., Fortanelli-Martínez, J., & Carranza-Álvarez, C. (2021). Asymbiotic seed germination, in vitro seedling development, and symbiotic acclimatization of the Mexican threatened orchid Stanhopea tigrina. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC), 146(2), 249-257.

Castillo-Pérez, L. J., Alonso-Castro, A. J., Fortanelli-Martínez, J., & Carranza-Álvarez, C. (2022). Micropropagation of Catasetum integerrimum Hook (Orchidaceae) through seed germination and direct shoot regeneration from pseudobulbs and roots. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 58(2), 279-289.

VARIACIÓN GENÉTICA EN CRECIMIENTO, ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y ARQUITECTURA DE RAÍZ Y SU VALOR ADAPTATIVO EN PROGENIES DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl

María Ivette Murrieta Santos[1], Daniel González Arcos[1], J. Jesús Vargas-Hernández[2]*, Javier López-Upton[2], Liliana Muñoz Gutiérrez[3]

[1]Tecnológico de Estudios Superiores de Perote; [2]Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados; [3]CENID-COMEF, INIFAP.

*Autor para correspondencia: vargashj@colpos.mx

Palabras clave: Cambio climático, heredabilidad, rasgos funcionales.

Introducción

El cambio climático, es uno de los desafíos a nivel mundial asociado con el incremento de la temperatura el cual, es ocasionado por el aumento en la concentración de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (Lloret, 2012). Los diferentes escenarios, indican un aumento en la intensidad y frecuencia de eventos climáticos extremos, con una mayor presión ambiental en los ecosistemas forestales. La restauración de estos ecosistemas y el establecimiento de plantaciones forestales, son una opción viable para mitigar los efectos adversos del calentamiento global; sin embargo, se requiere de la selección y uso de material adaptado a las mayores condiciones de estrés esperadas en las próximas décadas. Para ello, es fundamental evaluar el nivel de variación y control genético de caracteres con valor adaptativo en las principales especies de importancia económica y ecológica. La acumulación y distribución de biomasa y la estructura de la raíz, son importantes en el desempeño y capacidad de adaptación de las plantas debido a que influyen sobre la calidad de las mismas (Landis *et al*., 2010), y repercuten en altas tasas de supervivencia y crecimiento inicial (Orozco-Gutiérrez *et al*., 2010) en función con las condiciones ecológicas y edafológicas del lugar de establecimiento. Estas características, dependen del origen genético de la semilla ya que puede existir una amplia variación genética de importancia adaptativa entre y dentro de las poblaciones naturales (Landis et al., 2010) la cual, puede ser aprovechada en los programas de restauración ecológica y plantaciones forestales. *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. es una especie endémica de México que posee atributos que la hacen una de las especies de mayor importancia económica y ecológica, por la alta productividad, rápido crecimiento (Velásquez-Martínez *et al*., 2004), fuste recto, libre de nudos, madera de alta calidad y potencial de uso en programas de plantaciones (Rivera-Rodríguez *et al.*, 2016). El objetivo del presente trabajo, fue estimar la variación y grado de control genético de características de crecimiento, distribución de biomasa y arquitectura de raíz en un ensayo de progenies de *Pinus patula,* las interrelaciones entre ellas y su posible valor adaptativo con respecto a las condiciones climáticas del sitio de origen.

Materiales y métodos

En el presente trabajo, se utilizaron 36 familias de polinización libre de *Pinus patula* procedentes de los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Edo. de México, Querétaro y Tamaulipas. A los nueve meses de edad en vivero, se tomó una muestra aleatoria de 12 plantas por familia en las que se evaluó la altura y diámetro del tallo, la biomasa de la parte área (tallo y hojas) y de raíz, así como la arquitectura de raíz a partir del análisis de imágenes del sistema radical. Mediante un ANOVA, se estimaron los componentes de varianza, la heredabilidad y las correlaciones entre los valores promedio por familia de los rasgos evaluados. Asimismo, se evaluó la correlación entre los valores promedio por familia y los principales factores climáticos de los sitios de origen obtenidos a través de la plataforma ClimateNA.

Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados, se detectó variación genética significativa en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en el número de raíces primarias y longitud específica de raíz (Cuadro 1). La totalidad

de las variables con variación genética significativa, mostraron un control genético de moderado a alto con valores de heredabilidad individual (h^2_i) entre 0.27 y 1.00, y de las medias de familia (h^2_i) entre 0.40 y 0.90, lo que indica un elevado potencial para su inclusión en programas de mejoramiento genético. En contraste, en la expresión fenotípica de algunos caracteres relacionados con la arquitectura radical, como el número de raíces primarias y la longitud específica de raíz, los resultados confirmaron un mayor efecto ambiental. Algunos rasgos de la raíz, como el volumen de raíz, la densidad de raíz, la longitud total de raíz y la relación raíz/parte aérea, mostraron heredabilidades moderadas a altas, por lo que resaltan como indicadores complementarios de la eficiencia en la asignación y uso de recursos de las familias.

Cuadro 1. Varianza genética (σ^2_A) y fenotípica (σ^2_p), heredabilidad individual (h^2_i) y de las medias de familia (h^2_f) ± error estándar de las variables de crecimiento, biomasa y arquitectura de raíz en el ensayo de progenies de *P. patula*.

Característica	σ^2_A	σ^2_p	h^2_i ± EE	h^2_f ± EE
Altura planta (cm)	64.19**	48.78	1.32±0.35	0.90±0.24
Diámetro tallo (mm)	0.33**	0.42	0.79±0.23	0.81±0.24
Índice de esbeltez	0.75**	1.03	0.73±0.22	0.79±0.24
Biomasa total (g)	1.74**	2.48	0.70±0.21	0.78±0.24
Biomasa parte aérea (g)	1.43**	1.73	0.82±0.24	0.82±0.24
Biomasa tallo (g)	0.45**	0.55	0.82±0.24	0.82±0.24
Biomasa hojas (g)	0.41**	0.59	0.69±0.21	0.78±0.24
Biomasa raíz (g)	0.11**	0.23	0.49±0.17	0.70±0.24
Fracción de hojas (%)	15.82**	24.84	0.64±0.20	0.76±0.24
Fracción de tallo (%)	18.58**	29.40	0.63±0.20	0.76±0.24
Fracción de raíz (%)	17.90**	21.47	0.83±0.24	0.82±0.24
Relación raíz/parte aérea	0.01**	0.01	0.81±0.24	0.82±0.24
Diámetro raíz principal (mm)	0.19**	0.58	0.33±0.17	0.46±0.24
Volumen de raíz (cm^3)	6.97**	8.70	0.80±0.24	0.81±0.24
Densidad raíz (g/cm^3)	0.001**	0.001	0.71±0.22	0.79±0.24
Número de raíces primarias	3.18	15.32	0.21±0.15	0.34±0.25
Diámetro raíz primaria (mm)	0.02*	0.06	0.27±0.16	0.40±0.25
Longitud raíz total (m)	0.45**	0.84	0.54±0.22	0.61±0.24
Longitud específica raíz (cm/g)	0.42	9.06	0.05±0.12	0.10±0.25

La mayoría de los rasgos de crecimiento y distribución de biomasa, presentaron una correlación positiva elevada entre sí, a nivel de las medias de familia ($r_{pf} \geq 0.74$). Con relación a la biomasa de raíz la correlación, fue menor ($0.25 \leq r_{pf} \leq 0.53$) y solo significativa con biomasa total y diámetro del tallo. Por el contrario, los rasgos de la raíz mostraron menor grado de asociación entre ellas, con correlaciones significativas positivas solo entre diámetro y volumen de raíz (r_{pf}=0.43), número de raíces primarias y longitud total de raíz (r_{pf}=0.40), y entre longitud total y longitud específica de raíz (r_{pf}=0.51), y correlaciones negativas entre volumen y densidad de raíz (r_{pf}=-0.49), volumen y longitud específica de raíz (r_{pf}=-0.37), y entre número de raíces primarias y su diámetro (r_{pf}=-0.40). Por otro lado, se encontró una correlación positiva significativa entre los rasgos de crecimiento y distribución de biomasa con el diámetro y el volumen de raíz. Lo anterior, sugiere la importancia del desarrollo radicular en el crecimiento, acumulación y distribución de biomasa de las plantas en edades tempranas. Sin embargo, la longitud específica de raíz mostró una correlación negativa moderada ($-0.52 \leq r_{pf} \leq -0.35$) con la acumulación de biomasa y el diámetro del tallo, indicando que las familias con mayor potencial de crecimiento tienden a formar raíces más gruesas, con menor longitud por cada gramo de biomasa invertida.

El diámetro del tallo, la asignación de biomasa al tallo y follaje y el número y diámetro de raíces primarias, se relacionaron con algunas variables climáticas del sitio de origen de las progenies; las variables climáticas más importantes, fueron la temperatura media anual, el índice de calor/humedad en el verano, la evaporación de referencia de Hargreaves y la precipitación en forma de nieve.

Conclusiones

Los resultados, confirmaron la existencia de variación genética significativa entre las progenies de *P. patula* evaluadas, con un control genético alto en la mayoría de las variables de crecimiento, acumulación de biomasa y arquitectura de raíz. Además, algunos rasgos mostraron evidencias de valor adaptativo en relación con la temperatura, el índice de calor/humedad en el verano y la precipitación en forma de nieve, aspecto fundamental en el proceso de domesticación de la especie en el contexto del cambio climático.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto 8491236185 titulado “Manejo integrado de los recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático”, realizado con apoyo del Cenid Comef, INIFAP y el Colegio de Postgraduados.

Referencias bibliográficas

Landis, T.D., Dumroese, R.K. & Haase, D.L. (2010). The container tree nursery manual. Seedling processing, storage and outplanting. USDA Forest Service. Agricultura Handbook 674. Washington, DC, USA. 220 p.

Lloret, F. (2012). Vulnerabilidad y resiliencia de ecosistemas forestales frente a episodios extremos de sequía. *Ecosistemas*, *21*, 85–90.

Orozco-Gutiérrez, G., Muñoz-Flores, H.J., Rueda-Sánchez, A., Sigala-Rodríguez, J.A., Prieto-Ruíz, J.A., & García-Magaña, J.J. (2010). Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *1*(2), 134-145.

Rivera-Rodríguez, M.O., Vargas-Hernández, J.J., López-Upton, J., Villegas-Monter, Á., & Jiménez-Casas, M. (2016). Enraizamiento de estacas de *Pinus patula*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *39*(4), 385–392.

Velázquez-Martínez, A., Ángeles-Pérez, G., Llanderal-Ocampo, T., Román Jiménez, A.R., & Reyes-Hernández, V. (2004). *Monografía de Pinus patula*. Zapopan, Jalisco, México.

ESTRUCTURA GENÉTICA DE AHUEJOTE (*Salix bonplandiana* Kunth) EN XOCHIMILCO EVALUADA CON AFLP PARA DIFERENCIAR REPRODUCCIÓN CLONAL Y SEXUAL

Lorena Hernández-Flores[1], Miguel Ángel Vallejo-Reyna[2]*, Victor David Cibrián-Llanderal[1], Clara Dolores Soto Cortés[3] y Alfredo Villarruel Arroyo[3]

[1]Colegio de Posgraduados, Montecillo; [2]Cenid Comef, INIFAP; [3]Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural de la Ciudad de México

*Autor para correspondencia: vallejo.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: AFLP, clonación vegetal, diversidad genética

Introducción

El ahuejote (Salix bonplandiana Kunth) es una especie arbórea nativa de México y Centroamérica, adaptada a ambientes ribereños y de importancia ecológica, cultural y agrícola. En la zona lacustre de la Ciudad de México, especialmente en Xochimilco, esta especie ha sido utilizada ancestralmente en los sistemas de agricultura chinampera, cumpliendo funciones de protección contra el viento, contención de suelos y soporte ecológico. Sin embargo, la práctica recurrente de su propagación por estacas (reproducción vegetativa) puede derivar en una reducción de la diversidad genética, lo cual compromete su capacidad adaptativa ante factores básicos como plagas, enfermedades o cambio climático.

Diversos estudios en especies del género *Salix* han documentado patrones de clonación extensiva cuando la regeneración es predominantemente vegetativa. Esto puede derivar en la conformación de poblaciones homogéneas, con baja diversidad genética efectiva (Kramp, et al. 2018). En este contexto, se vuelve fundamental contrastar el grado de diversidad entre individuos propagados clonalmente y aquellos derivados de reproducción sexual.

El objetivo de este trabajo es comparar la estructura genética entre tres grupos de *S. bonplandiana* (vegetativamente propagados, sexualmente propagados y recolectados en campo) mediante marcadores AFLP para determinar el grado de clonación y variabilidad presente en el polígono de estudio del Parque Ecológico Xochimilco.

Materiales y Métodos

Se definieron tres grupos experimentales: individuos propagados por estacas en un polígono del Parque Ecológico Xochimilco (grupo "polígono"), individuos propagados por semilla en el vivero forestal de CORENADR (grupo "semilla") y ejemplares recolectados en localidades del centro-sur de México (grupo "grupo externo"). Se recolectaron hojas maduras para la extracción de ADN genómico. En total, se obtuvo ADN de 90 individuos (30 por grupo) mediante el "*Method S: Standard CTAB extraction*" descrito por Telfer et al. (2023), adaptado a tejido foliar de Salix con la adición de β-mercaptoetanol, cloroformo:alcohol isoamílico, y doble lavados con etanol para remover polisacáridos.

Con el objetivo de estandarizar la selección de primers y ajustar el análisis bioinformático, se tomó un subconjunto preliminar de 10 individuos (4 del grupo "polígono", 3 de "semilla" y 3 del "grupo externo"). Se aplicó la técnica AFLP conforme a la metodología adaptada de Vos et al. (1995), que consiste en la digestión del ADN genómico con EcoRI y MseI, seguida de la ligación de adaptadores, una preamplificación con primers universales y una amplificación selectiva usando cuatro combinaciones: EcoRI+AC/MseI+AATA, EcoRI+AT/MseI+ACCA, EcoRI+ACA/MseI+CAC y EcoRI+AGC/MseI+CAA. Los productos fueron separados por electroforesis capilar por Macrogen Inc. y analizados con GeneMapper.

Análisis de datos moleculares

Los datos crudos de fragmentos fueron procesados en un entorno local de Python 3.12 (Windows 11), mediante scripts propios desarrollados en esta investigación. Estos Scripts utilizaron funciones de las bibliotecas *pandas, numpy, matplotlib, scikit-learn* y *scipy.cluster.hierarchy* para construir matrices binarias de presencia/ausencia por combinación de primers y tamaño de fragmento, generar visualizaciones, y realizar los análisis estadísticos multivariados y de agrupamiento. La automatización de este flujo de trabajo permitió una interpretación sistemática de los datos y garantizó la trazabilidad del análisis genético.

Cada combinación de primers y cada tamaño de fragmento detectado fue considerado como un marcador molecular independiente. La matriz binaria construida sirvió de base para realizar los análisis. Se generó una visualización tipo gel virtual, en la que se incluyeron todas las bandas por individuo, ordenadas por combinación de primers, y un carril de referencia con el marcador de peso molecular 400HD (Thermo Fisher Scientific), permitiendo verificar la consistencia de los patrones de amplificación y detectar bandas privadas.

Se aplicó un análisis de componentes principales (PCA), estandarizando previamente la matriz binaria. La distribución espacial de los individuos en el plano bidimensional permitió visualizar la dispersión genética y el grado de agrupamiento entre los tres grupos. Además, se realizó un agrupamiento jerárquico (UPGMA) con base en una matriz de disimilitud genética calculada mediante el índice de Jaccard.

Resultados y Discusión

Los resultados presentados corresponden a un subconjunto preliminar de 10 individuos. Las combinaciones EcoRI+AC/MseI+AATA y EcoRI+AT/MseI+ACCA demostraron ser altamente informativas, amplificando en los diez individuos y produciendo un número aceptable de bandas polimórficas. En contraste, las combinaciones EcoRI+ACA/MseI+CAC y EcoRI+AGC/MseI+CAA mostraron amplificación limitada, con escasa presencia de bandas y bajo peso molecular, motivo por el cual se descartaron para el estudio completo (Figura 1).

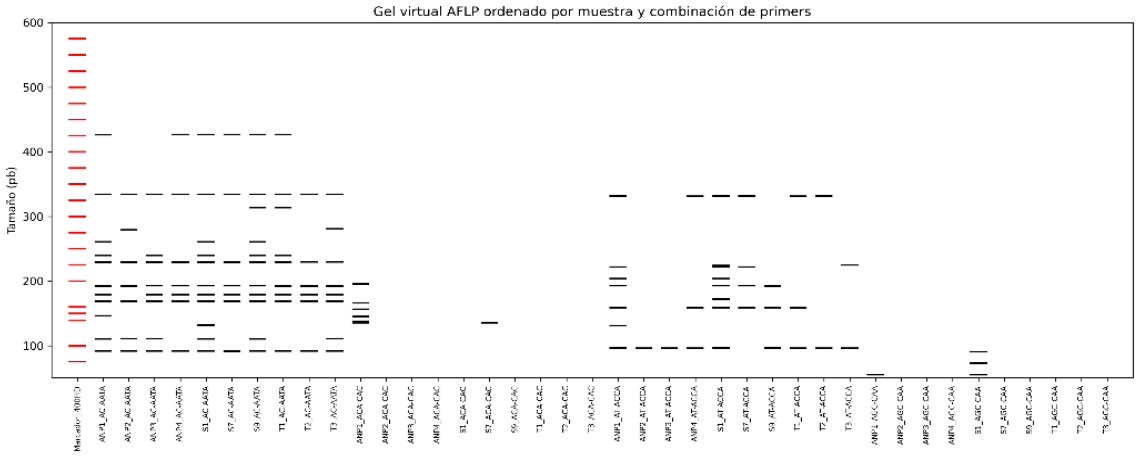


Figura 1. Gel virtual simulado a partir de la matriz binaria generada con marcadores AFLP. Se muestran los patrones de amplificación de los diez individuos analizados preliminarmente, ordenados por combinación de primers selectivos. Cada banda representa un fragmento amplificado considerado como marcador único. El carril izquierdo corresponde al marcador de peso molecular 400HD (Thermo Fisher Scientific). Se observan diferencias en el número y posición de bandas entre los grupos de origen, lo que evidencia la presencia de fragmentos polimórficos y bandas privadas.

El PCA, hasta este punto del análisis, no logra una clara separación de los individuos del polígono y del grupo externo. Por el contrario, los individuos del grupo "semilla" se ubicaron en una región relativamente

separada de los otros grupos. Por su parte el dendrograma UPGMA con el análisis de estos 10 individuos aún no logran separarse claramente los grupos sin embargo se puede inferir una tendencia de que los individuos propagados por semilla tienen a separarse de los otros dos grupos (Figura 2).

A **B**

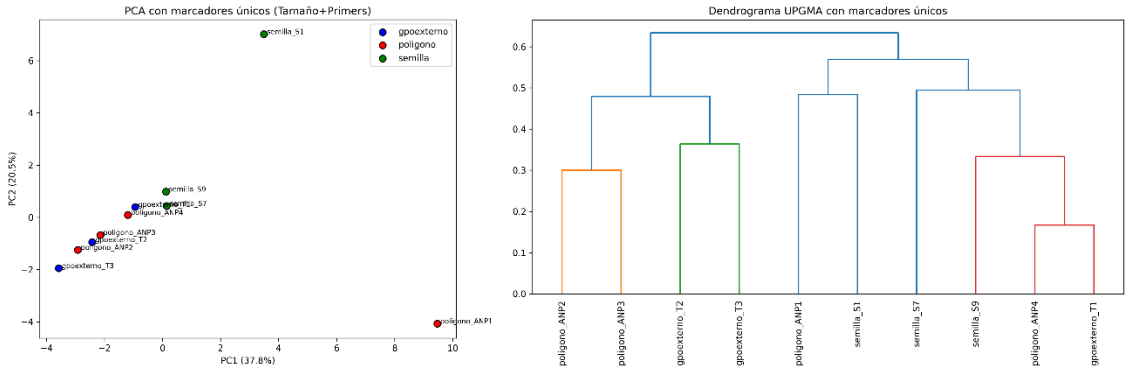


Figura 2. Análisis de la estructura genética de *Salix bonplandiana* mediante datos AFLP. A) Análisis de componentes principales (PCA) con los dos primeros componentes que explican el 37.8% y 20.5% de la varianza total, respectivamente. B) Dendrograma de agrupamiento jerárquico (UPGMA) basado en la matriz de disimilitud de Jaccard.

Conclusiones

El estudio preliminar con solo 10 individuos porporciona indicios de que la población de *Salix bonplandiana* propagada vegetativamente en Xochimilco presenta posiblemente una diversidad genética considerablemente menor que los grupos propagados por semilla o recolectados de distintas localidades. Sin embargo, hace falta analizar los datos de los 90 individuos para confirmar esta observación. Estos resultados resaltan la necesidad de diversificar las fuentes genéticas utilizadas en los programas de restauración y manejo del ahuejote, fomentando la reproducción sexual y la introducción de nuevos genotipos. Una estrategia de restauración más genéticamente diversa podría mejorar la resiliencia del sistema chinampero frente a enfermedades, plagas y cambios climáticos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Agradecemos al personal técnico de CORENADR y del Parque Ecológico Xochimilco por su apoyo en la colecta y propagación de material vegetal. Este trabajo fue financiado con recursos institucionales del INIFAP y del Colegio de Posgraduados.

Referencias bibliográficas

Kramp, K. et al. (2018). Clones or no clones: genetic structure of riparian *Populus euphratica* forests. *J Arid Land*, 10(5), 750–766.

Telfer, E., Graham, N., Stanbra, L., Manley, T., & Wilcox, P. (2013). Extraction of high purity genomic DNA from pine for use in a high-throughput Genotyping Platform. *New Zealand Journal of Forestry Science*, *43*, 1-8.

Vos, P. et al. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res*, 23(21), 4407–4414.

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA BIOINFORMÁTICA PARA OPTIMIZAR AFLP EN ESPECIES NO MODELO

Adriana Lili Robles-Álvarez[1], Miguel Ángel Vallejo-Reyna[2]*, Carlos Román Castillo-Martínez[2], Josefina González-Jiménez[3]

[1]FES Cuautitlán, UNAM; [2]CENID-COMEF, INIFAP; [3]Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)

*Autor para correspondencia: vallejo.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: AFLP, *Pinus patula*, bioinformática

Introducción

Las técnicas moleculares aplicadas al estudio de la diversidad genética han cobrado particular relevancia en el contexto del cambio climático, debido a su potencial para identificar variantes adaptativas y apoyar la conservación y el mejoramiento de recursos genéticos forestales. Entre ellas, el polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados (AFLP) destaca por su alta capacidad de resolución en especies no modelo. Sin embargo, su aplicación en coníferas como *Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham.*, especie de interés comercial y ecológico en México, presenta retos importantes debido a la ausencia de genomas de referencia y al tamaño y complejidad de sus genomas. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una herramienta bioinformática basada en Python para simular perfiles AFLP y seleccionar combinaciones óptimas de cebadores, maximizando la informatividad y minimizando la homoplasia.

Materiales y métodos

Se desarrolló un conjunto de scripts en Python que emulan el proceso experimental de AFLP in silico, a partir de secuencias en formato FASTA. El algoritmo identifica sitios de restricción correspondientes a las enzimas EcoRI y MseI, simula la ligación de adaptadores, y genera perfiles de fragmentos amplificables con hasta tres bases selectivas por cebador. Como paso inicial, se utilizó el genoma de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. para validar el funcionamiento y la salida del script, permitiendo calibrar los parámetros y comprobar la concordancia entre los patrones virtuales generados y perfiles experimentales publicados. Esta prueba piloto arrojó un análisis exhaustivo del número de amplicones por combinación, mostrando el potencial de la herramienta para prever resultados reales de laboratorio.

Se plantea como siguiente etapa aplicar el script a los genomas completos disponibles de *Pinus tabuliformis Carrière*, *Pinus taeda* L. y *Pinus albicaulis Engelm.*, con el fin de evaluar su desempeño en genomas grandes y con alta proporción de secuencias repetitivas. Paralelamente, se realizó una prueba experimental en un solo individuo de *Pinus patula* mediante la técnica AFLP (Vos et al, 1995) con cuatro combinaciones de primers: EcoRI+AC/MseI+AATA, EcoRI+AT/MseI+ACCA, EcoRI+ACA/MseI+CAC y EcoRI+AGC/MseI+CAA. Los fragmentos amplificados fueron visualizados por electroforesis capilar y se está comparando su distribución con los patrones virtuales obtenidos en *Arabidopsis*, en espera de extender la validación al grupo *Pinus*.

Resultados y discusión

La simulación in silico en *Arabidopsis thaliana* produjo un gel virtual con fragmentos identificados por tamaño y combinación de cebadores, mejorando lo reportado por Rombauts et al. (2003) (Figura 1). Esta prueba de concepto permitió cuantificar el número de amplicones generados por combinación, identificar la longitud esperada de los fragmentos y evaluar el potencial informativo de distintas estrategias de selección.

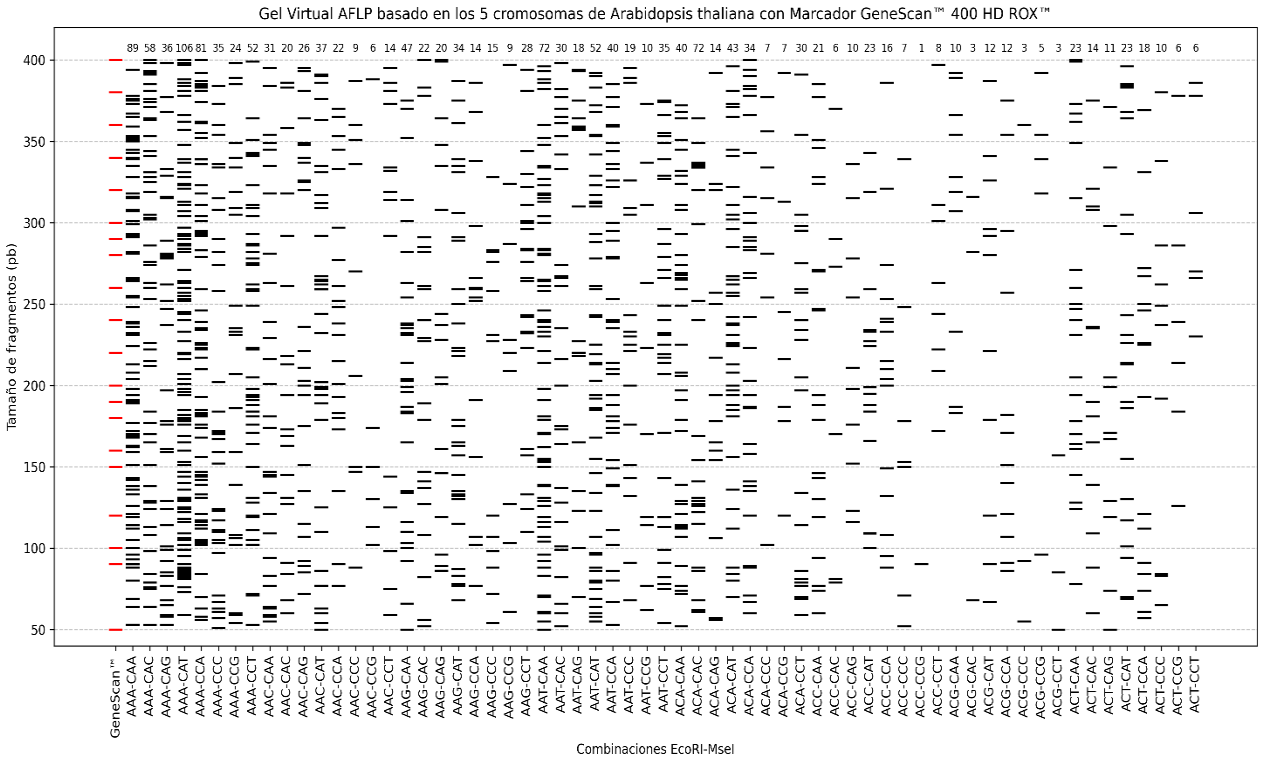


Figura 1. *Simulación in silico de un perfil AFLP en Arabidopsis thaliana utilizando diversas combinaciones de primers.* El gel virtual muestra los fragmentos amplificables generados a partir del genoma completo, ordenados por tamaño (pb). Esta simulación permitió validar la herramienta bioinformática desarrollada en Python. El análisis sirve como prueba de concepto para aplicar el mismo enfoque predictivo en genomas más grandes y complejos como los de *Pinus spp.*

En la fase experimental con *P. patula*, cada combinación de primers generó entre 7 y 9 fragmentos dentro del rango de 50 a 500 pb. Destacó la combinación EcoRI+AC/MseI+AATA con 9 fragmentos, algunos de ellos con alta intensidad de señal, lo que sugiere un potencial para su uso en análisis de diversidad. Aunque estos resultados fueron obtenidos a partir de un solo individuo, constituyen una base inicial para validar la informatividad de las combinaciones propuestas (**Cuadro 1**).

En este sentido, la herramienta bioinformática y los experimentos en laboratorio no deben interpretarse como aproximaciones independientes, sino como componentes complementarios e integrados de un enfoque metodológico. Aunque la herramienta solo ha sido validada experimentalmente en *Arabidopsis*, los resultados preliminares en *P. patula* demuestran que las predicciones in silico podrían anticipar el comportamiento real de ciertas combinaciones, incluso en genomas aún no secuenciados. No obstante, se reconoce que la validación completa de esta integración requerirá mayor número de combinaciones y muestras, así como la aplicación directa del script en los genomas de coníferas.

Los perfiles generados permiten construir matrices binarias de presencia/ausencia, útiles para análisis de diversidad genética, agrupamiento fenético y análisis de estructura genética mediante UPGMA y PCA. En fases posteriores del estudio se incorporarán estos enfoques comparativos para evaluar la utilidad de cada combinación en diferenciación de genotipos de *P. patula*.

Cuadro 1. Resumen de los fragmentos AFLP generados experimentalmente en un individuo de *Pinus patula* utilizando cuatro combinaciones de primers. Se presentan el número de fragmentos detectados, el rango de tamaños (pb) y la altura promedio de los picos como indicador de intensidad de señal. Estos datos permiten comparar la informatividad relativa de cada combinación y fundamentan su selección para estudios posteriores de diversidad genética.

Combinación de primers	Número de fragmentos	Tamaño mínimo (pb)	Tamaño máximo (pb)	Media de altura de pico
EcoRI+AC / MseI+AATA	9	55.96	331.95	7892.33333
EcoRI+ACA / MseI+CAC	7	56.08	479.33	3879.85714
EcoRI+AT / MseI+ACCA	7	52.69	479.58	6082
EcoRI+AGC / MseI+CAA	7	52.92	334.9	8469.28571

Conclusiones

Se desarrolló exitosamente una herramienta bioinformática que simula perfiles AFLP en especies sin genoma secuenciado, basada en secuencias de especies modelo o relacionadas. La herramienta permite predecir combinaciones de primers con mayor poder informativo y menor incidencia de homoplasia, lo que representa un aporte metodológico relevante para el estudio de diversidad genética en especies forestales como *Pinus patula*. Los resultados experimentales preliminares en esta especie aportan evidencia inicial sobre la utilidad del enfoque, aunque se requiere una validación extendida que incluya el uso directo de genomas de coníferas para consolidar su potencial predictivo.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el Fondo de Cooperación México-Chile mediante el proyecto "Tecnologías nucleares y biotecnológicas para mejorar la sustentabilidad de ecosistemas forestales afectados por el cambio climático". Agradecemos el apoyo del ININ, INIFAP, la FES Cuautitlán-UNAM, la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (*AMEXCID*) y la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo

Referencias bibliográficas

Rombauts, S., Van de Peer, Y., Rouze, P. (2003). AFLPinSilico, simulating AFLP fingerprints. Bioinformatics, 19(6), 776-777.

Vos P, Hogers R, Bleeker M, reijans M, Lee TVd, Hernes M, Frijters A, Pot J, Peleman J, Kuiper M. (1995). AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Research, 23, 4407-4414.

MANEJO DE PLANTA DONADORA INJERTADA PARA LA CLONACIÓN DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. *et* Cham

Adriana Morales Vivanco[1], Marcos Jiménez Casas[1], Benito González Jiménez[1]

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo

*Autora para correspondencia: morales.adriana@colpos.mx

Palabras clave: Fertilización, interespecíficos, prendimiento.

Introducción

Pinus patula Schiede ex Schltdl. *et* Cham*.,* y *Pinus greggii* var. *Australis* Donahue & López., son especies endémicas de México y utilizadas en programas de restauración, reforestación, conservación y mejoramiento genético. *P. patula,* es altamente comercial por la calidad de su madera mientras que, *P. greggii* tiene gran potencial para adaptarse a condiciones limitantes de humedad y nutrientes (González *et al*., 2024). La alta demanda de recursos forestales madereros y las adversas condiciones ambientales que enfrentan las especies forestales, han generado un fenómeno de degradación de cualidades genéticas y poblacionales.

La utilización de injertos interespecíficos, es posible sin la necesidad de utilizar portainjertos de la misma especie para la obtención de altos porcentajes de prendimiento. González *et al*., 2024, demuestran que dicho supuesto puede variar dependiendo del portainjerto ya que, con injertos interespecíficos, se obtienen prendimientos similares que con los intraespecíficos al clonar genotipos superiores de *P. patula*. Este tipo de injertos interespecíficos, benefician al individuo incrementando su capacidad de tolerar factores de estrés biótico y abiótico, confiriéndole ventajas de crecimiento y desarrollo de las púas injertadas. Además, se pueden producir plantas donadoras (madre) para la obtención de púas, con la finalidad de promover la propagación masiva (estacas); no obstante, se requiere aplicar procedimientos de manejo en la planta donadora para mejorar la calidad e incrementar la producción de rebrotes.

El manejo de planta donadora permite incrementar tanto la calidad como la cantidad de los rebrotes; lo anterior, se logra mediante una combinación de podas, fertilización y control de luz y temperatura, influyendo en la formación de nuevos brotes vigorosos que mejoran la cantidad, calidad, supervivencia y crecimiento de los mismos, (Wu *et al*., 2019). El objetivo de esta investigación, fue evaluar el efecto de la fertilización con fertilizante soluble Peters Profesional® de N-P-K (20-20-20) en injertos inter (*P. patula – P. greggii*) e intraespecíficos (*P. patula- P. patula*) de un genotipo selecto de *Pinus patula* sobre la producción y calidad de rebrotes requeridos para la clonación de genotipos superiores.

Materiales y métodos

De un huerto semillero sexual de *P. patula* de 12 años ubicado en el ejido Peñuelas Pueblo Nuevo, Chignahuapan, Puebla, se seleccionó un árbol superior para obtener púas que fueron injertadas en abril de 2020 en plantas patrón de *P. patula* de 18 meses mediante la técnica de injertado lateral a 10 cm de la base del tallo. En agosto de 2021, se seleccionaron 50 plantas injertadas para ser donadoras de púas y realizar un segundo ciclo de injertos en patrones de *P. patula* y *P. greggii* de seis meses, aplicando técnicas de hendidura terminar y lateral a 5,15 y 20 cm de altura del tallo. El experimento, se estableció en las instalaciones del vivero forestal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el municipio de Texcoco, Estado de México. En julio de 2023, las plantas donadoras fueron trasplantadas a macetas de 6 L con sustrato de turba de musgo, perlita y vermiculita (60-20-20) y fertilizante de liberación lenta (Multicote®, 8 g/L^{-1}). Del segundo ciclo de injertos, se seleccionaron 90 plantas (45 injertos intraespecíficos *P. patula* - *P. patula* y 45 interespecíficos *P. greggii* - *P. patula*). Se removieron ramas laterales en los patrones y cada siete días, se midió la conductividad eléctrica, pH, luz y humedad.

El experimento, se estableció bajo un diseño experimental en bloques completos al azar con arreglo factorial 2x3: A) tipo de injerto (intraespecífico e interespecífico) y B) tres dosis de fertilización (0, 8 y 16 gr/L^{-1}). Se evaluaron seis tratamientos con cinco plantas por unidad experimental en tres bloques, con un total de 90 plantas. El experimento inició el 1 de septiembre y concluyó el 8 de diciembre de 2023, aplicando 450 ml de fertilizante por planta semanalmente hasta el 13 de octubre y luego cada 14 días. En octubre, se realizó una poda apical en las plantas para inducir el surgimiento de nuevos brotes y, se colocaron en

condiciones de invernadero; cada 30 días, se midió el diámetro basal de cada planta, después de la poda cada siete días, se contaron las yemas y brotes en cada planta, además de un conteo de brotes menores y mayores a cuatro centímetros tomando medidas de longitud y diámetro. Al final de los tratamientos, se seleccionó una planta por unidad experimental y bloque para evaluar características morfológicas de la raíz; peso de la raíz y biomasa aérea, longitud de raíz principal, número de raíces nuevas y secundarias.

Los injertos, fueron realizados con púas obtenidas de plantas donadoras de dos años y cuatro meses previamente fertilizadas por 100 días, se utilizó la técnica de injertado de hendidura terminal. Las púas, fueron lavadas con una solución de jabón líquido y cloro (1 ml/L de agua) y desinfectadas en una solución con Captan 50® 1.5gr/L^{-1} por diez minutos. Una vez injertado, se colocó una tira de hule cristal delgado de 1 cm de ancho y 50 µm de grosor, se cubrieron con bolsas de polietileno de 15 x 20 cm a las cuales, se les aplicó desinfectante de sales cuaternarias de amonio (3ml/L^{-1}), se inflaron y amarraron para conservar humedad y temperatura.

El experimento, se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial, se evaluaron dos factores: A) procedencia de la púa de acuerdo con el tipo de injerto (inter e intraespecífico) y B) nivel de fertilización de la planta donadora (0, 8 y 16 gr/L^{-1}). Se evaluaron seis tratamientos con seis réplicas, se usaron patrones de *P. patula* y *P. greggii*, con un total de 72 injertos. El prendimiento y crecimiento longitudinal de la púa, se evaluó a los 91 días después del injertado. En ambos experimentos, se realizaron análisis de varianza con el procedimiento GLIMMIX de SAS (*SAS Institute, 1993*).

Resultados y discusión

Al inicio y final del experimento, no se observaron diferencias morfológicas entre los tipos de injerto. Sin embargo, a los 40 y 100 días de fertilización con la dosis de 8 gr/L^{-1}, el injerto interespecífico generó una mayor producción de brotes (>4 cm y <6 cm) superando al intraespecífico en. Estudios en setos de *Pinus taeda* y *Pinus elliotti* Engelm muestran que la nutrición nitrogenada aumenta los niveles de carbohidratos, favoreciendo la producción de brotes y el enraizamiento (Hernández y Rubilar, 2012). A los 67 y 100 días la dosis de 8 gr/L^{-1}, originó un incremento en el diámetro de las plantas en más del 22 y 26% con respecto a la dosis de 16 gr/L^{-1}. El injerto interespecífico, registró una mayor ganancia en diámetro, lo que indica que el fertilizante estimula el crecimiento vegetal. En este estudio, la dosis intermedia, fue óptima mientras que la mayor, inhibió el incremento.

El injerto interespecífico presentó más del 20% en la formación y producción de yemas, mientras que el número de brotes, fue similar entre ambos tipos de injerto. La dosis 8 gr/L^{-1} favoreció la producción de brotes >4 cm, especialmente con el injerto interespecífico con más del 28%. En la longitud y diámetro de los brotes >4 cm, así como la supervivencia no presentaron diferencias entre los factores. La biomasa aérea y radical, no fue afectada por la fertilización; sin embargo, la longitud de la raíz principal incrementó con la dosis de 8 gr/L^{-1} en más de un 41% con respecto a la de 16 gr/L^{-1}. Por otra parte, el injerto interespecífico produjo más de un 22% de raíces secundarias con respecto al intraespecífico, dicho efecto fue significativo con la dosis intermedia.

En los injertos realizados, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la procedencia de la púa de acuerdo con el tipo de injerto y nivel de fertilización al cual, fueron sujetas, al igual que en la interacción de ambos factores. El éxito de los injertos en *Pinus* depende de factores como el diámetro del portainjerto, la técnica empleada y la fertilización (Avendaño *et al*., 2023). Los injertos interespecíficos, muestran una mayor compatibilidad, mejor conexión del cambium vascular que aumenta la capacidad de prendimiento; además, la cercanía filogenética y correcta selección de las púas influyen en la supervivencia (Pérez *et al*., 2024).

Conclusiones

El manejo adecuado de la planta madre, es un aspecto clave en la producción de brotes. En este estudio, la dosis de 8 gr/L^{-1} del fertilizante, fue la más eficaz al aumentar la biomasa aérea y radical, sin afectar la supervivencia de las plantas donadoras. Los injertos interespecíficos, produjeron más brotes con fertilización, demostraron una mayor tolerancia al estrés y, se desarrollaron mejor bajo condiciones limitadas de humedad y nutrientes.

El porcentaje de prendimiento en ambos tipos de injerto, fue del 95%. Por tal situación, se recomienda utilizar púas provenientes de plantas donadoras sometidas a un sistema de manejo (fertilización, riego y podas) para aumentar la capacidad de éxito de la propagación vegetativa mediante la técnica del injerto.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Colegio de Postgraduados por el apoyo para realizar la presente investigación

Referencias bibliográficas

Avendaño, E. D., López, M. Á., Herrera, C., and Rodríguez, M. (2023). Effect of irrigation, fertilization and the container on the response to grafting of *Pinus patula* Schltdl. & Cham. Seedlings. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 14 (75): 118–142. Doi: 10.29298/rmcf. v14i75.1255

González, J, B., Jiménez, C, M., López, U, J., López, L, M. Á., and Rodríguez, L, R. (2024). Interspecific grafting of *Pinus patula*. Agro Productividad. https://doi.org/10.32854/ agrop. v17i5.2604

Hernández, A., y Rubilar, R. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en el desarrollo y fenología de brotes de setos de *Pinus radiata*. Bosque (Valdivia) 33(1): 53-61. Doi: 10.4067/s0717-92002012000100006

Pérez, A., López, J., Prieto, J. Á., and Barerra, R., (2024) Cloning of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. by grafting: effect of phenology and type of scion. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 15 (82). Doi: 10.29298/rmcf. v15i82.1451

Wu, J., Lin, H., Guo, L., Dong, J., Zhang, L., and Fu, W. (2019). Biomass and nutrients variation of Chinese fir rooted cuttings under conventional and exponential fertilization regimes of nitrogen. Forests 10, 615. Doi:10.3390/f10080615

EVALUACIÓN DEL ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Pinus leiophylla Schie* ex Schl & Cham POR MEDIO DE ACODOS AÉREOS

Luis Ernesto Estrada-García[1]*; Marcos Jiménez-Casas[1] Javier López-Upton[1], Alfonso Suarez-Islas[2]
[1]Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Texcoco de Mora, Estado de México, CP 56264. [2]Instituto de Ciencias Agropecuarias-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad Km 1 Rancho Universitario, Tulancingo, Hidalgo. C. P. 43600.

*Autor para correspondencia: leeg_estrada31@hotmail.com

Palabras clave: Sistemas de macropropagación, raíces adventicias, reguladores de crecimiento.

Introducción

Pinus leiophylla Schiede ex Schltdl. & Cham., conocido como pino prieto o pino chino, es una especie nativa de México con gran relevancia ecológica y económica (Martínez, 1948). Se distribuye de forma natural en el centro y norte del país, entre los 1500 y 3000 m s.n.m. (Martínez, 1948). Su valor maderable, resistencia climática y adaptación a suelos pobres la han convertido en objeto de diversos estudios sobre propagación y manejo sostenible (Martínez-Trinidad et al., 2002; Cuevas-Cruz et al., 2015).
La propagación sexual mediante semillas ha sido el método tradicional para especies del género *Pinus* (Morales-Velázquez et al., 2010), aunque presenta limitaciones cuando se desea conservar características genéticas de árboles superiores (Cuevas-Cruz et al., 2015). En este sentido, la propagación vegetativa ofrece una alternativa eficaz para multiplicar genotipos selectos, manteniendo su identidad genética.
Entre las técnicas vegetativas, el acodo aéreo destaca como un método viable, especialmente en especies leñosas con dificultad para enraizar mediante estacas, y su eficacia puede incrementarse con el uso de reguladores de crecimiento como el ácido indolbutírico (AIB) (Gutiérrez et al., 1996). Este método induce la formación de raíces en una rama aún unida al árbol madre, aumentando así la probabilidad de supervivencia del nuevo individuo (Gutiérrez et al., 1996).
El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de diferentes concentraciones de AIB en el enraizamiento de acodos aéreos de *Pinus leiophylla* provenientes de genotipos seleccionados.

Materiales y métodos

Área y condiciones ambientales experimentales. El experimento se desarrolló en el huerto semillero de *P. leiophylla* ubicado en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos, Texcoco, Estado de México. La zona presenta un clima templado subhúmedo, con precipitación media anual de aproximadamente 600 mm y temperatura promedio anual de 15 °C.

Selección de genotipos. Se seleccionaron fenotípicamente cinco genotipos del huerto semillero, mediante una evaluación visual, considerando las ramas potenciales para acodar y priorizando los árboles sanos. Además, estos ejemplares han sobrevivido a plagas como *Toumeyella pinicola* Ferris, *Dendroctonus sp*. y han mostrado tolerancia a condiciones de sequía y salinidad, lo que refleja su valor genético y potencial para programas de reforestación (Cuevas-Cruz, et al., 2015).

Establecimiento del experimento y diseño experimental. En cada rama seleccionada, se realizó un corte en anillo para exponer el tejido del cambium. Sobre esta zona se colocó una bolsa plástica rellena con el sustrato preparado. Los extremos de la bolsa fueron atados con cuerda de diferente color para identificar los tratamientos. Se eliminó el aire interno para mantener contacto entre el tejido y el sustrato, formando una envoltura compacta similar a una "bola". El sustrato utilizado consistió en una mezcla de turba (pet moss) y perlita en proporción 2:1. A esta mezcla se le adicionó ácido indolbutírico en las concentraciones correspondientes (5 g por kg de sustrato), asegurando una distribución homogénea del producto.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, evaluando dos concentraciones de ácido indolbutírico (AIB): 1 500 y 10 000 ppm, usando del producto comercial Radix®. Cada tratamiento contó con 62 repeticiones, dando un total de 124 unidades experimentales. Se considera como unidad experimental cada rama acodada. El número de acodos por árbol fue variable, por lo que el árbol no fue considerado como un factor en este experimento. Los acodos se realizaron durante la tercera semana de

enero de 2025. Las ramas seleccionadas tuvieron un diámetro entre 1 y 3 cm y una longitud comprendida entre 25 y 50 cm.

Mantenimiento del experimento. Debido a las condiciones secas del periodo (enero a abril), se implementó un riego semanal al árbol donante, complementado con aplicación directa de agua mediante jeringa de 60 ml cada 20 días, con el fin de mantener la humedad del sustrato dentro de la bolsa.

Variables evaluadas. Durante el experimento se registró el porcentaje de éxito (enraizamiento) y mortalidad de la rama acodada.

Resultados y discusión

Al final del experimento, más del 50 % de los acodos logró establecerse. Si bien el porcentaje es aceptable, ya que se pueden sentar las bases para establecer el material clonal deseado de cada árbol seleccionado, lo deseable es mantener el porcentaje de acodos vivos por arriba del 80 %, para contar con material suficiente para los trabajos de propagación subsecuentes. Es probable que la habilidad técnica del operador o factores ambientales hayan influido en la mortalidad de los acodos. Por ello, es fundamental atender estos factores para mejorar los índices de enraizamiento en próximos ensayos.

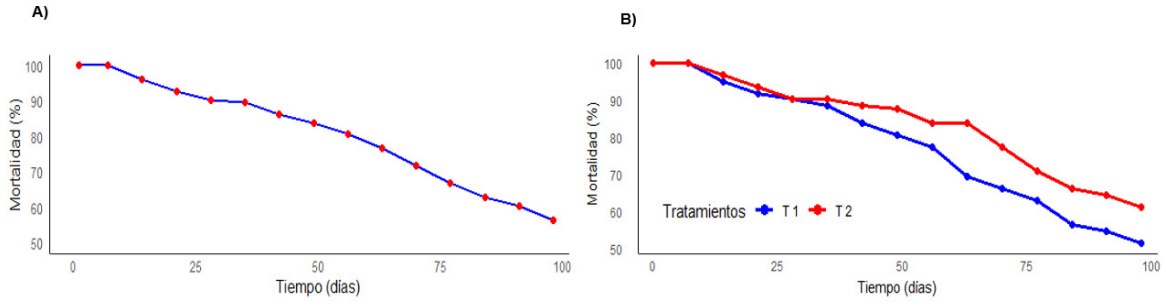


Figura 1. A) Porcentaje de supervivencia en las ramas acodadas *de Pinus leiophylla*, desde el inicio y hasta la finalización del experimento; y por B) efecto de los tratamientos de AIB en el porcentaje de mortalidad de las ramas acodadas de los árboles de *Pinus leiophylla*. T1 (1 500): Representada por una línea azul. T2 (10 000): Representada por una línea roja.

La aplicación de alta concentración de AIB favoreció (10 000 ppm) el desarrollo radicular en los acodos. Aun cuando la producción de raíces adventicias tardó tres meses, más del 50 % de los acodos logró generar raíces, es decir, 70 acodos, permanecieron vivos y con raíces al final del periodo de evaluación (Figura 2A). Además de mejorar el enraizamiento, con la mayor concentración de AIB aplicada, también se obtuvo mayor porcentaje de acodos vivos (Figura 2B).

Aproximadamente el 5% de acodos vivos no desarrollaron raíces, pero si se detectó la presencia de callo. Probablemente estos requieren de más tiempo para producir raíz. La efectividad del AIB observada en el experimento, coincide con los obtenidos por Cuevas-Cruz *et al.* (2015), quienes reportaron una mayor eficiencia del AIB en concentraciones elevadas para el enraizamiento de estacas de *P. leiophylla*. Esto indica que esta especie responde favorablemente con enraizamiento a dosis altas con AIB; en contraste, los acodos tratados con 1 500 ppm de AIB (T1) presentan una menor supervivencia, lo que podría estar relacionado la menor producción de raíces o menor tolerancia al estrés ambiental. La diferencia de 8.1% entre ambos tratamientos refleja la importancia de seleccionar una concentración adecuada de AIB para maximizar el enraizamiento.

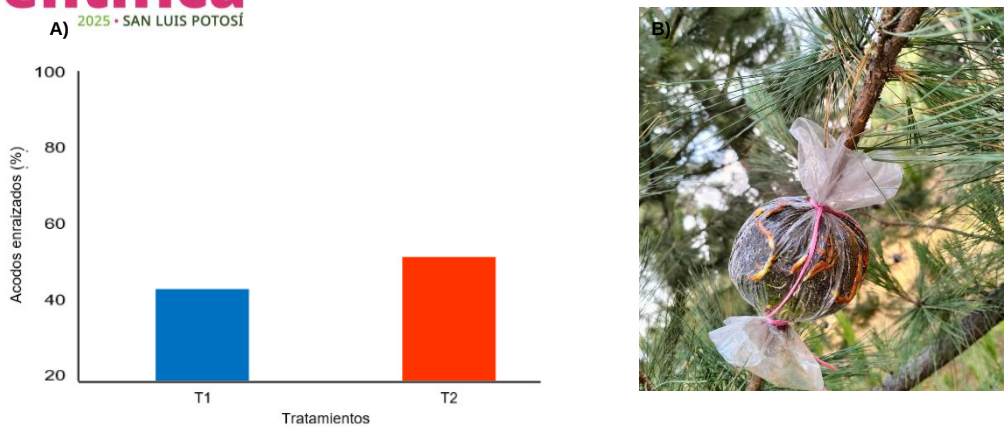


Figura 2. A) Efecto de los tratamientos de AIB en el porcentaje de acodos enraizados. AIB: 1 500 ppm (T1) y 10 000 ppm (T2). B) ramada acodada y crecimiento de raíz con T2.

Conclusiones

Los resultados preliminares sugieren que la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) a una concentración de 10 000 ppm podría favorecer el enraizamiento y la viabilidad de los acodos aéreos de *Pinus leiophylla*, en comparación con concentraciones más bajas, como 1 500 ppm. Esta concentración más alta mostró un mayor porcentaje de acodos enraizados y una mejor supervivencia durante el periodo de evaluación, aunque estos hallazgos están sujetos a confirmación una vez concluido el análisis estadístico.

Agradecimientos

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo

Fuente financiadora

La Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)

Referencias bibliográficas

Cuevas-Cruz, J. C., Jiménez-Casas, M., Jasso-Mata, J., Pérez-Rodríguez, P., López-Uptón, J., & Villegas-Monter, Á. (2015). Asexual propagation of *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, *21*(1), 81-95.

Gutiérrez, L. I., Ruíz, J. Á. P., & Bustamante, M. A. (1996). La propagación vegetativa de plantas forestales. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *21*(79), 15-41.

Martínez, M. (1948). *Los pinos mexicanos* (Vol. 368). México: Ediciones Botas.

Morales-Velázquez, M. G., Ramírez-Mandujano, C. A., Delgado-Valerio, P., & López-Upton, J. (2010). Indicadores reproductivos de *Pinus leiophylla* Schltdl. et Cham. en la cuenca del río Angulo, Michoacán. *Revista mexicana de ciencias forestales*, *1*(2), 31-38.

Trinidad, T. M., Hernández, J. V., Orozco, A. M., & Upton, J. L. (2002). Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. *Agrociencia*, *36*(3), 365-376.

GERMINACIÓN *IN VITRO* DE DOS ESPECIES DE CACTÁCEAS NATIVAS DEL GÉNERO *Astrophytum* (FAM.: CACTACEAE)

Eulalia Edith Villavicencio-Gutiérrez[1], José A. Jiménez-Jiménez[2], Fernando D. Loweree-Rivera[3] y Antonio Cano-Pineda[1]*

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. [2]Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), [3]Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua.

*Autor para correspondencia: cano.antonio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ácido giberélico, Murashige-Skoog, tribu Cactoideae.

Introducción

México alberga especies de cactáceas nativas únicas en el mundo, por lo que la conservación *ex situ* constituye una estrategia clave para la regeneración de estos recursos fitogenéticos (Gámez *et al*., 2016). El cultivo *in vitro* es una técnica relevante para el rescate y conservación de especies en estatus de riesgo, ya que permite establecer y preservar en condiciones controladas material genético, incluso realizar propagaciones masivas a partir de un pequeño número de individuos. La germinación *in vitro* en cactáceas endémicas es una herramienta clave, porque el medio de cultivo puede influir en la dormancia seminal, viabilidad, tasa de germinación y crecimiento de las vitroplantas, siendo un método para obtener plántulas estériles y uniformes para estudios genéticos, propagación masiva y conservación de especies (Silva *et al.,* 2021). En cactáceas, se ha realizado para el rescate de germoplasma en estatus de riesgo en especies del género Lophophora (Pérez-Molphe-Balch, *et al*., (2018), Kroenleinia (Osuna-Avila *et al*., 2025), Turbinicarpus (Villavicencio *et al.,* 2012), Epithelantha (Villavicencio *et al*., 2013), Echinocereus (Villavicencio *et al*., 2020) y Echinocactus. Con el propósito de identificar el medio de cultivo apropiado para promover la germinación *in vitro*, en este estudio se consideraron especies de cactáceas nativas del desierto Chihuahuense del genero Astrophytum (*A*. *capricorne* (A. Dietr.) Britton y Rose y *A. myriostigma* Lem.) que se encuentran es estatus de riesgo, son de habito globoso y poseen una relevancia ecológica e importancia ornamental, con la finalidad de optimizar su propagación y contribuir a su conservación.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV) del CESAL en 2024. Se utilizó semilla de las accesiones CESAL-Ac-5 de la biznaga algodoncillo de estropajo (*A. capricorne*) y CESAL-Amy-2 de la biznaga bonete o birrete de obispo (*A. myriostigma*) obtenidas del Banco de Germoplasma de Cactáceas del CESAL (CIRNE-INIFAP).
Mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 de efectos fijos se establecieron cuatro tratamientos: T1 MAAA = 0.6% agar + 87.64 mM $C_{12}H_{22}O_{11}$ (testigo); T2 MAAA+ AG_3 = 0.6% agar + 87.64 mM $C_{12}H_{22}O_{11}$ + 8.65 µM de AG_3; T3 MS = medio MS (Murashige-Skoog, 1962) al 50 %; T4 MS+ AG_3 = MS 50% + 8.65 µM de AG_3, considerando como unidad experimental 5 semillas por tubo como repetición; evaluando 10 repeticiones por tratamiento. El ensayo se repitió tres veces para validar la consistencia de los resultados y se sometió a prueba la hipótesis nula H_0: $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4$, contra la hipótesis alterna H_1: el tipo de medio de cultivo influye significativamente en la variable respuesta. La germinación se evaluó a los 49 días después de la siembra (dds), y se determinaron las siguientes variables: porcentaje de germinación (G), altura de la vitroplanta (Ap, mm), diámetro del tallo (Dt, mm) y longitud de la radícula (Lr, mm). Para el análisis estadístico, se verificaron los supuestos del modelo a una confiabilidad del 95%, mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965); la independencia de errores de Durbin-Watson (Durbin y Watson, 1950); y homogeneidad de varianzas de Levene y Bartlett, según el caso. Además, se verificó la aditividad del modelo con la prueba de Tukey. En los casos en que alguna de las variables no cumplió con los supuestos requeridos para el ANOVA, se aplicó una transformación de Box-Cox con el fin de estabilizar la varianza y mejorar la normalidad de los datos. Posteriormente, se realizó un ANOVA (α=0.05), y cuando se detectaron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey. El análisis se hizo con del entorno estadístico R (R Core Team, 2023) utilizando las librerías: ‘tidyverse’ y ‘agricolae’ y gráficos de medias y boxplots.

Condiciones de incubación. El material vegetativo se estableció en el cuarto de incubación del LCTV considerando un fotoperíodo de 14 h luz por 10 de oscuridad, con una intensidad luminosa de 9 - 10 µmol seg-1 m-2 y temperatura de 25 ± 2°C.

Resultados y discusión

Cumplimiento de los supuestos del modelo. Ambas especies mostraron valores de $p > 0.05$ en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk: A. capricorne ($p = 0.3969$) y A. myriostigma ($p = 0.2787$), lo que indica que los residuales presentan distribución normal, permitiendo el uso de pruebas paramétricas. No obstante, la prueba de homogeneidad de varianza arrojó $p < 0.05$ para ambas especies (A. capricorne: $p = 0.0109$; A. myriostigma: $p = 0.0056$), por lo que se aplicó una transformación Box-Cox que corrigió la heterocedasticidad. En cuanto a la independencia de errores, ambos casos presentaron $p > 0.05$ (A. capricorne: $p = 0.0937$; A. myriostigma: $p = 0.0869$), lo que sugiere ausencia de autocorrelación. Sin embargo, la prueba de no aditividad de Tukey resultó significativa (A. capricorne: $p = 0.0233$; A. myriostigma: $p = 0.0382$), por lo que se rechaza la hipótesis de aditividad del modelo.

Efecto de los tratamientos. El ANOVA mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p = 6.241E-04$), indicando que al menos uno difiere en su efecto sobre la variable de respuesta.

Germinación (G). A los 49 días después de la siembra, el tratamiento T4 (MS + AG_3) presentó los mayores porcentajes de germinación: 93.4% en A. capricorne y 96.1% en A. myriostigma. Este resultado sugiere un efecto sinérgico entre los nutrientes del medio y el ácido giberélico (AG_3), lo que favorece la superación de la dormancia fisiológica (López Medina et al., 2017). En contraste, el mismo medio sin AG_3 (T3: MS al 50%) tuvo una germinación significativamente menor, confirmando la necesidad de este promotor. El tratamiento T2 (MAAA + AG_3) logró una germinación de 71% en A. capricorne y 88% en A. myriostigma, mostrando que el AG_3 activa enzimas como la α-amilasa, aunque su eficacia parece depender de otros componentes del medio. En T1 (MAAA sin AG_3) se registró hasta 75% de germinación en A. myriostigma, posiblemente por efecto del potencial osmótico del medio. Este resultado sugiere también la posible presencia de quiescencia, por lo que se recomienda confirmar mediante análisis del potencial osmótico y estrés en semillas.

Altura de vitroplantas. El mayor crecimiento en altura se obtuvo con T4 (MS + AG_3): 13.19 mm en A. capricorne y 14.82 mm en A. myriostigma, sin evidencia de hiperhidricidad, lo que indica un equilibrio adecuado entre nutrientes y reguladores de crecimiento. El efecto de T4 fue significativamente superior ($p < 0.05$) respecto a T1 (MAAA), T2 (MAAA + AG_3) y T3 (MS al 50%), en los que no se observaron diferencias significativas entre sí. En ambas especies, T4 duplicó la altura promedio respecto al testigo, confirmando su efectividad, como también se ha observado en Laelia anceps y Epidendrum sp. (Flores-Hernández et al., 2020).

Longitud radicular (Lr). El tratamiento T4 (MS + AG_3) también promovió el mayor desarrollo radicular: 10.24 mm en A. capricorne y 19.3 mm en A. myriostigma, siendo esta última significativamente mayor ($p < 0.05$) en todos los tratamientos. La combinación de AG_3 con auxinas endógenas y una adecuada disponibilidad de nutrientes parece potenciar el alargamiento radicular. Los tratamientos con menos componentes (T1, T2 y T3) mostraron reducciones progresivas en la Lr. El testigo (T1: MAAA) registró los valores más bajos. Al comparar T4 con T1, el patrón de respuesta fue similar al observado en la altura de vitroplantas. Sin embargo, estudios en Hylocereus megalanthus muestran que dosis elevadas de AG_3 pueden inhibir la elongación radicular (Bozkurt et al., 2022), por lo que es importante ajustar las concentraciones.

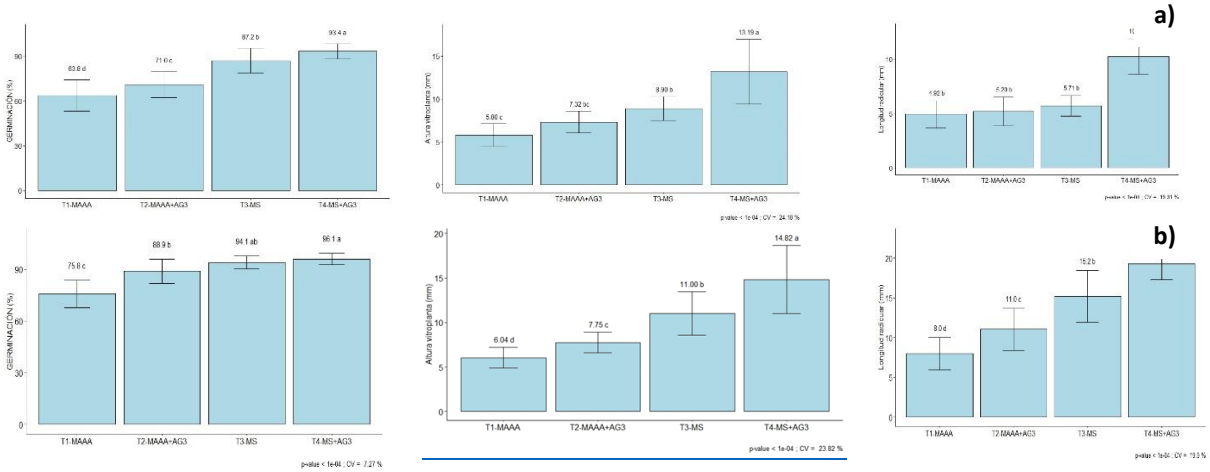


Figura 1. Efecto de diferentes tratamientos en la germinación y crecimiento inicial de la biznaga *algodoncillo* de estropajo *(Astrophytum capricorne* (A. Dietr.) Britton y Rose y biznaga bonete o birrete de obispo *(Astrophytum myriostigma* Lem.*) in vitro.* a) *A. capricorne*; b) *A. myriostigma.*

Conclusión

El tratamiento T4 (MS + AG_3) fue el más efectivo para promover la germinación y el desarrollo *in vitro* de *Astrophytum capricorne* y *A. myriostigma*. Este tratamiento puede influir en la dormancia seminal y crecimiento de las vitroplantas vigorosas, estériles y uniformes. Los resultados obtenidos son clave para establecer protocolos de propagación eficientes que contribuyan a la conservación y aprovechamiento sustentable de estas especies.

Agradecimientos

Se agradece a la convocatoria de proyecto fiscal con registro SIGI: 1326457055 titulado: “Banco de germoplasma de cactáceas Saltillo, por los recursos aportados necesarios para realizar la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Bozkurt, S., Bayraktar, M., & Karagüzel, Ö. (2022). Multiplicación *in vitro* de pitahaya amarilla (*Hylocereus megalanthus*) a partir de plántulas obtenidas *in vitro*. Agronomía Mesoamericana, *33*(1), 1-13. https://doi.org/10.15517/am.v33i1.68410

Flores-Hernández, L., Morison-Saavedra, J. M., & Sandoval-Zapotitla, E. (2020). Optimización de medios para el cultivo *in vitro* de orquídeas mexicanas: equilibrio entre sales y reguladores. *Botanical Sciences*,*98*(3), 543–556.https://doi.org/10.17129/botsci.2561

Osuna-Avila, P., Gómez-Martínez, M., & Ramírez-Rodríguez, R. (2025). Germinación *in vitro* de Kroenleinia grusonii (Cactaceae): efecto del peso de semilla y tratamientos pregerminativos. Acta Botanica Mexicana, *132*, e2414. https://doi.org/10.21829/abm132.2025.2414

Silva, S. T. A., Santos, I. M., Souza, F. V. D., & Oliveira, J. V. (2021). *In vitro* germination and growth of *Melocactus glaucescens* (Cactaceae) in different culture media. Revista Caatinga, *34*(1), 1-10. https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n101rc

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN ENSAYOS DE PROGENIE DE *Pinus patula* Schltdl. & Cham EN EL SUR DE MÉXICO

Adán Hernández-Hernández[2,1*], Javier López-Upton[1], Mario V. Velasco-García[2], J. Jesús Vargas-Hernández[2], Armando Gómez-Guerrero[2]

[1]Colegio de Postgraduados, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autor para correspondencia: hernandez.adan@colpos.mx

Palabras clave: Heredabilidad, Interacción genotipo-ambiente, *Pinus patula* var. longipedunculata

Introducción

Los cultivos forestales buscan mejorar la productividad y calidad de la madera, pero para lograrlo es fundamental comprender la variación genética en los rasgos de crecimiento y estructura de los árboles. En los programas de mejoramiento genético, uno de los primeros pasos es la selección de individuos y la evaluación de orígenes y descendencias. Probar especies en diversos ambientes permite identificar sitios y condiciones donde ciertas procedencias o familias presentan mejor desempeño comercial (Hodge y Dvorak, 2012).

El éxito de las plantaciones depende en gran medida del germoplasma utilizado. El uso de germoplasma mejorado genera árboles con mejor conformación, mayor crecimiento y otras características deseables que reflejan una calidad genética superior (Pramono et al., 2011). Por ello, es clave definir estrategias de mejoramiento que consideren parámetros genéticos relacionados con la productividad y calidad de la madera (Escobar-Sandoval et al., 2018).

Además, la interacción genotipo × ambiente (IGA) influye directamente en las decisiones de selección, ya que un genotipo puede comportarse de forma distinta según el entorno. El presente trabajo tuvo como objetivo estimar la heredabilidad individual, las correlaciones genéticas tipo B y realizar un análisis de jerarquización para apoyar la toma de decisiones en el mejoramiento genético forestal.

Materiales y métodos

En febrero de 2025 se realizó trabajo de campo en tres ensayos de progenie de *Pinus patula* Schltdl. & Cham. var. longipedunculata Loock ex Martínez, en Oaxaca. Se evaluaron variables de crecimiento (diámetro normal [Dn], altura total [Alt], diámetro de copa [Dc]) y de conformación (diámetro de ramas [Dr], número de verticilos [NumVert], forma del fuste [ForFust] y arreglo de ramas [ArrRam]). Además, se calculó el volumen con la fórmula: vol =$Vol = Dn^2 * Alt * 0.00003$ y la longitud de entrenudos (Le) como $Le = \frac{Alt}{\text{NumVert}}$ *100.

Los ensayos incluyen 64 familias de medios hermanos, en 20 bloques con parcelas de un árbol por familia. El sitio “Leapi” se ubica en San Pedro Leapi (Sierra Sur, 2776 msnm), establecido en agosto de 2019; “Luvina”, en San Juan Luvina (Sierra Norte, 2460 msnm), plantado en julio de 2020; y “Jalapa”, en Jalapa del Valle (Valles Centrales, 2550 msnm), plantado en septiembre de 2020. En cada ambiente crecen progenies de cuatro procedencias: Leapi (5 familias), Luvina (17), SPalto (24) y Teococuilco (18).

La heredabilidad individual se estimó como: (h^2i), se estimó mediante la expresión: $h_i^2 = \frac{3*\sigma_f^2}{\sigma_f^2+\sigma_{fs}^2+\sigma_{B(s)}^2+\sigma_e^2}$, donde σ²_f es la varianza entre familias, σ²_fs la interacción familia × sitio, σ²_B(s) el efecto de bloque por sitio, y σ²_e el error. La correlación genética tipo B:: $r_B = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2+\sigma_{fs}^2}$. indica el grado de interacción genotipo × ambiente. Los datos se analizaron conjuntamente con modelos mixtos en SAS (SAS, 2004), para identificar diferencias entre sitios y estimar componentes de varianza, heredabilidad y correlación tipo B.

Resultados y discusión

Los valores de h^2_i en el análisis conjunto variaron entre variables de 0.01 a 0.29 y r_B de 0.22 a 0.84 (Cuadro 1). Las variables de crecimiento y volumen, registraron en promedio Dn = 8.8 cm, h^2_i = 0.07 y r_B = 0.35; Alt = 5.9 m, h^2_i = 0.14 y r_B = 0.74; DC = 3.1 m, h^2_i = 0.14 y r_B = 0.75 y Vol = 15.8 dcm^3, h^2_i = 0.09 y r_B = 0.51. En contraste, las variables de conformación del arbolado, presentaron en promedio Dr = 1.67 cm, h^2_i = 0.16 y r_B = 0.84; NumVert = 12.86, h^2_i = 0.29 y r_B = 0.82; ArrRam = 3.42, h^2_i = 0.08 y r_B = 0.79; Le = 48.8 cm, h^2_i

= 0.22 y r_B = 0.76 y ForFust = 2.75, h^2_i = 0.01 y r_B = 0.22. De acuerdo con lo anterior, las variables de NumVert, Le, Dr, Dc y Alt presentaron un mayor control genético y los valores bajos de r_B para Dn, Vol y ForFust indican comportamientos inestables de las familias atribuible a la presencia de IGA, comparado con Alt, Dc, Dr, Le, NumVert y ArrRam (r_B > 0.70) que presentaron una mayor estabilidad genética. La interacción genotipo x ambiente (IGA), se refiere al cambio en el rendimiento relativo de las familias dependiendo del ambiente en que se desarrollan (Zobel y Talbert, 1988), al manifestarse reduce la heredebilidad afectando la ganancia genética (Li *et al*., 2017). No obstante, el análisis conjunto permite conocer la respuesta general de las progenies involucradas en los tres ambientes, los parámetros cambian drásticamente al efectuarse un análisis por pares de sitios. Por ejemplo, la respuesta de las variables en los sitios Leapi y Luvina fue menor (h^2_i: 0-0.23 y r_B: 0-0.81). Estos valores resultaron intermedios para los sitios de Leapi y Jalapa (h^2_i: 0.01 - 0.21 y r_B = 19 – 0.78) y de manera importante incrementaron para los sitios de Luvina y Jalapa (h^2_i: 0.03 - 0.38 y r_B = 0.48 – 1.00) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Estimación de parámetros genéticos obtenidos del análisis del modelo mixto entre sitios.

Rasgo	Media ± ee	σ^2_f	σ^2_{fs}	σ^2_e	h^2_i	r_B
Diámetro normal (Dn, cm)	8.8 ± 0.03	0.0775	0.1463	2.9344	0.07	0.35
Altura total (Alt, m)	5.9 ± 0.02	0.0373	0.0134	0.7207	0.14	0.74
Diámetro de copa (Dc, m)	3.1 ± 0.01	0.0135	0.0044	0.2718	0.14	0.75
Volumen (Vol, dcm^3)	15.9 ± 0.16	1.8336	1.7551	56.6044	0.09	0.51
Diámetro de ramas (Dr, cm)	1.7 ± 0.01	0.0157	0.0030	0.2696	0.16	0.84
Longitud de entrenudo (Le, cm)	48.8 ± 0.27	0.0015	0.0005	0.0189	0.22	0.76
Número de verticilos (NumVert)	12.9 ± 0.05	0.8347	0.1828	7.6520	0.29	0.82
Forma del fuste (ForFust)	2.7 ± 0.02	0.0067	0.0239	1.3769	0.01	0.22
Arreglo de ramas (ArrRam)	3.4 ± 0.01	0.0203	0.0055	0.7296	0.08	0.79

ForFust: 1 = tallo con problemas graves, bifurcado o con cola de zorro; 2=Tallo muy torcido o retorcido; 3 =Tallo con ligera torcedura y 4 =Tallo recto. ArrRam: 1 = Muchas ramas gruesas y retorcidas; 2 = Ramas retorcidas y gruesas; 3=Ramas ligeramente retorcidas y delgadas y 4 = Copa bien definida y con ramas delgadas.

Cuadro 2. Estimación de parámetros genéticos por pares de sitios obtenido del análisis del modelo mixto.

Pares de sitio	Parámetro	DN (cm)	Alt (m)	DC (m)	Vol (dcm3)	DR (cm)	LE (cm)	NumVert	ForFust	ArrRam
Leapi vs Luvina	σ2a	0.007	0.029	0.007	0.728	0.014	0.728	0.685	0.000	0.031
	σ2fs	0.321	0.035	0.012	3.952	0.004	3.952	0.300	0.035	0.007
	σ2e	2.993	0.737	0.250	58.787	0.267	58.787	7.964	1.296	0.828
	h2i	**0.006**	**0.110**	**0.081**	**0.034**	**0.147**	**0.034**	**0.230**	**0.000**	**0.108**
	rB	**0.021**	**0.458**	**0.383**	**0.155**	**0.758**	**0.155**	**0.696**	**0.000**	**0.819**
Leapi vs Jalapa	σ2a	0.075	0.029	0.014	1.493	0.009	0.001	0.526	0.006	0.008
	σ2fs	0.173	0.009	0.004	2.132	0.010	0.000	0.303	0.023	0.004
	σ2e	3.212	0.699	0.286	52.185	0.295	0.014	6.658	1.440	0.610
	h2i	**0.065**	**0.117**	**0.135**	**0.080**	**0.084**	**0.155**	**0.211**	**0.011**	**0.040**
	rB	**0.304**	**0.754**	**0.785**	**0.412**	**0.458**	**0.622**	**0.634**	**0.195**	**0.649**
Luvina vs Jalapa	σ2a	0.128	0.049	0.018	2.841	0.021	0.002	1.201	0.014	0.021
	σ2fs	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.015	0.006
	σ2e	2.632	0.726	0.278	58.336	0.248	0.022	8.230	1.391	0.748
	h2i	**0.139**	**0.189**	**0.182**	**0.139**	**0.232**	**0.286**	**0.381**	**0.030**	**0.083**
	rB	**1.000**	**0.980**	**0.994**	**1.000**	**1.000**	**0.935**	**0.978**	**0.488**	**0.792**

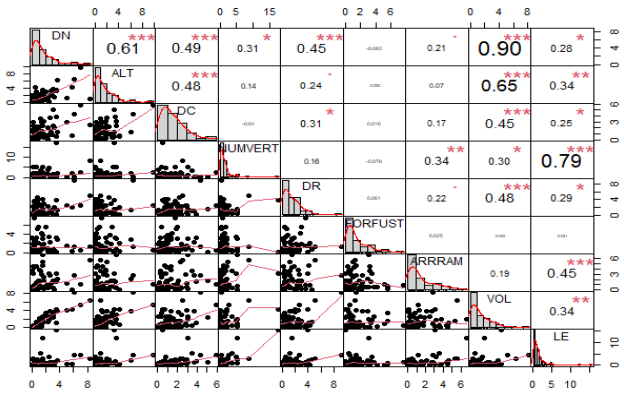


Figura 1. Coeficiente de correlación “Pearson” con base en la ecovalencia (*Wi*) de variables de crecimiento y conformación entre sitios.

Debido a los bajos valores de heredabilidad individual (h^2_i) y de correlación genética tipo B (rB), tanto en el análisis conjunto como en los análisis por pares de sitios, se realizó una jerarquización del grado de interacción de las familias mediante el índice de ecovalencia (Wi), con el objetivo de identificar aquellas con mayor inestabilidad. Los resultados mostraron que las familias 5, 22 y 23 presentaron altos valores de Wi en varias variables: Dn (1.42–6.93), Alt (3.51–9.82), Dc (0.46–5.87), NumVert (2.56–17.65), Dr (1.54–3.98), ForFust (0.07–3.09), Vol (1.92–5.23) y Le (4.50–15.36%). Al excluir estas tres familias del análisis, se observaron ligeros cambios en los valores de h^2_i para Alt, Dc, Vol, NumVert y ForFust. Sin embargo, la variable Le mostró un incremento notable en h^2_i (0.03–0.19) y en rB (0.15–0.95) en la comparación entre los sitios Leapi y Luvina (datos no mostrados).

Conclusiones

Con base en el desempeño de las familias evaluadas, se identificaron dos zonas con potencial para el mejoramiento genético de Pinus patula var. longipedunculata: una bajo las condiciones ambientales de San Pedro Leapi y otra bajo las condiciones de San Juan Luvina y Jalapa del Valle. A diferencia de las familias 5, 22 y 23 —que presentaron una fuerte interacción con el ambiente—, el resto de las familias mostraron una menor sensibilidad ambiental, lo que respalda su recomendación para ser consideradas en etapas avanzadas del programa de mejoramiento genético.

Agradecimientos

Se agradece al Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo y a las autoridades comunales-ejidales y consejos de vigilancia, autoridades administrativas y Prestadores de Servicios Técnicos Forestales de San Pedro Leapi, San Juan Luvina y Jalapa del Valle.

Fuente financiadora

Los resultados son parte del proyecto: 291322 “Establecimiento de Huertos Semilleros Asexuales Regionales y Ensayos de Progenie de *Pinus patula* para la Valoración Genética de los Progenitores”, con financiamiento del Fondo Sectorial CONAFOR-CONACYT.

Referencias bibliográficas

Escobar-Sandoval, M. C., Vargas-Hernández, J. J., López-Upton, J., Espinosa-Zaragoza, S., & Borja-de la Rosa, A. (2018). Parámetros genéticos de calidad de madera, crecimiento y ramificación en Pinus patula. Madera y bosques, 24(2).

Hodge GR, Dvorak WS. 2012. Growth potential and genetic parameters of four Mesoamerican pines planted in the Southern Hemisphere. Southern Forests 74(1): 27-49.

Li, Y., Suontama, M., Burdon, R. D., & Dungey, H. S. (2017). Genotype by environment interactions in forest tree breeding: review of methodology and perspectives on research and application. Tree Genetics & Genomes, 13(3), 60.

Pramono, A. A. (2011). *Managing smallholder teak plantations: field guide for farmers*. CIFOR.

Zobel, B., & Talbert, J. (1988). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y RESPUESTA GERMINATIVA *IN VITRO* DE SEMILLAS DE *Peniocereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose

Fernando D. Loweree-Rivera [1]*, Eulalia Edith Villavicencio-Gutiérrez [2] y José A. Jiménez-Jiménez [3]

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. [3]Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

*Autor para correspondencia: p193386@uach.mx

Palabras clave: *Peniocereus greggii*, calidad de semilla, germinación *in vitro*.

Introducción

Las especies de la familia Cactaceae poseen una gran importancia ecológica en los ecosistemas áridos; sin embargo, muchas de sus poblaciones se ven afectadas por actividades de origen antropogénico resultando en 268 especies catalogadas en alguna categoría de riesgo en México. Para implementar estrategias de conservación efectivas, es fundamental comprender los procesos de reproducción de estas plantas, un campo que ha sido poco explorado (Mandujano *et al*., 2010), con escasos estudios enfocados en la germinación de sus semillas (Barrios *et al*., 2020). La especie *Peniocereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose es un cactus presente en el Desierto Chihuahuense que ha sido muy poco estudiado. La germinación *in vitro* es una herramienta biotecnológica valiosa para la propagación y conservación de especies en peligro. Con el objetivo de comprender mejor su reproducción y establecer una estrategia para la propagación de esta especie, en el presente estudio se determinó la calidad física y fisiológica de las semillas de *P. greggii* y se evaluó su respuesta germinativa en condiciones *in vitro*.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV) del CESAL en 2024. Se utilizaron semillas de *P. greggii* recolectadas (con permiso de los ejidatarios) en el verano de 2023 en el municipio de Satevó, Chihuahua, México.
Para la caracterización física, se midió el largo y ancho de 270 semillas con el software ImageJ 1.54f. La pureza de la semilla y el peso de 1000 semillas se determinaron siguiendo las reglas de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA, 2019). La calidad fisiológica se evaluó mediante una prueba de viabilidad en 90 semillas puras, utilizando una solución de 2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio al 0.5 %.
Para el ensayo de germinación *in vitro*, las semillas fueron desinfectadas secuencialmente en soluciones de Microdyn®, alcohol al 70%, cloro al 30 % y captán al 1%. Se empleó un diseño experimental completamente al azar para evaluar cuatro tratamientos: T1 (testigo): MAAA = 0.6 % agar + 87.64 mM; T2: MAAA+ ácido giberélico (AG_3)= 0.6 % agar + 87.64 mM sacarosa+ 8.65 µM de AG_3; T3: medio MS al 50 %; T4: MS+ AG_3 = MS 50 % + 8.65 µM de AG_3, considerando como unidad experimental 6 semillas por tubo; evaluando 12 repeticiones por tratamiento. El ensayo se repitió tres veces para validar la consistencia de los resultados.

Resultados y discusión

La caracterización morfológica de las 270 semillas de *P. greggii* reveló una población con dimensiones consistentes, presentando un tamaño promedio de 3.50 ± 0.37 mm de largo y 2.42 ± 0.14 mm de ancho, con un 89.51 % de pureza en el lote. La prueba de viabilidad con tetrazolio confirmó que el 100 % de estas semillas puras eran fisiológicamente viables. Esta alta viabilidad es consistente con el potencial germinativo reportado para muchas otras especies de la familia Cactaceae, en las que se alcanzan porcentajes de germinación superiores al 70 % bajo condiciones de laboratorio.

Sin embargo, a pesar del alto potencial de las semillas, el principal hallazgo de este estudio fue la inhibición total de la germinación en todos los tratamientos *in vitro* debido a una contaminación fúngica generalizada que se manifestó a partir de los siete días. Este evento impidió la evaluación del efecto de los diferentes medios de cultivo probados. Este resultado contrasta significativamente con el trabajo de Cortés Vega *et al*. (2008), quienes, trabajando con la misma especie, *P. greggii*, sí lograron establecer cultivos asépticos,

aunque reportaron una tasa de germinación baja (38.5 %) y muy heterogénea a lo largo de 13 semanas. La diferencia en los resultados, a pesar del uso de protocolos de desinfección superficial similares, sugiere que el agente contaminante en las semillas de la población estudiada pudiera ser de origen endógeno y no representa un problema generalizado para la especie, sino una barrera biológica particular de esta población.

Aunque la contaminación impidió evaluar cuantitativamente la respuesta germinativa a los tratamientos, se considera pertinente contextualizar su diseño en función de la literatura. El uso de AG_3 como promotor de la germinación en cactáceas ha mostrado resultados contradictorios (Barrios et al., 2020; Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes, 2000). En estudios con géneros como *Trichocereus* y *Opuntia*, la adición de AG_3 no siempre promueve la germinación ni es un factor determinante para romper la dormancia (Ortega-Baes & Rojas-Aréchiga, 2007; Mandujano et al., 2007). No obstante, en ausencia de datos concluyentes debido a la contaminación, no puede descartarse que esta se deba a un agente endógeno resistente a los tratamientos de desinfección aplicados, lo que sugiere la necesidad de optimizar protocolos específicos para esta población.

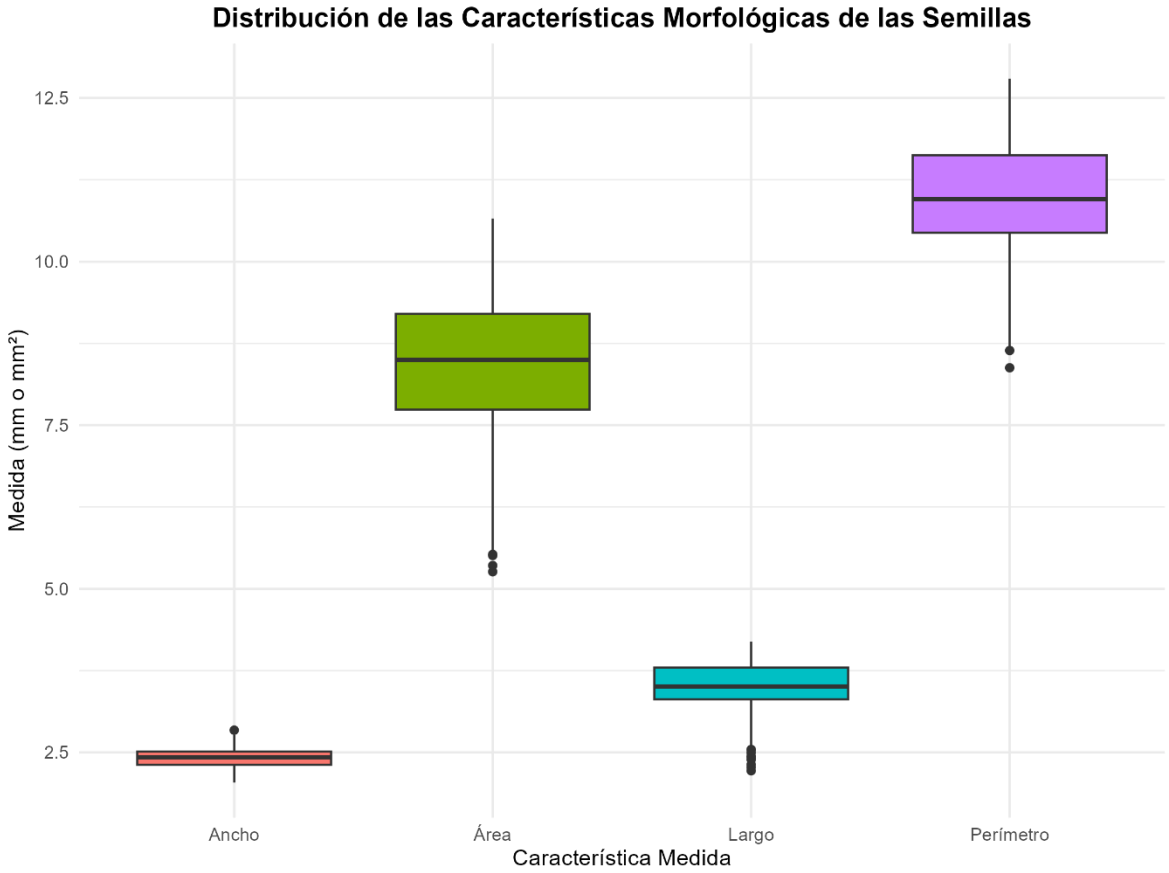


Figura 2. Características morfológicas de las semillas de *Peniocereus greggii*

Conclusión

Las semillas de la población estudiada de Peniocereus greggii presentan una alta calidad física y una elevada viabilidad fisiológica. La inhibición total de la germinación in vitro observada en este estudio se atribuye a la presencia de un contaminante, posiblemente de origen endógeno, que impidió la expresión del potencial germinativo. Si bien no puede descartarse la influencia de factores fisiológicos como la dormancia, este hallazgo resalta la necesidad de desarrollar y validar protocolos de desinfección interna más efectivos como paso previo a evaluar con mayor certeza la respuesta germinativa de esta especie.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH y se agradece a la convocatoria de proyecto fiscal con registro SIGI: 1326457055 titulado: “Banco de germoplasma de cactáceas Saltillo”, por los recursos necesarios aportados para realizar la presente investigación.

Referencias bibliográficas

Barrios, D., Sanchez, J. A., Flores, J., & Jurado, E. (2020). Seed traits and germination in the Cactaceae family: a review across the Americas. *Botanical Sciences*, 98(3), 417-440.

Cortés Vega, C. M., Sánchez Pérez, J. C., Alvarado Rodríguez, M., Almanza Sánchez, L., & Fraire Mandujano, M. C., Golubov, J., & Rojas-Aréchiga, M. (2007). Efecto del ácido giberélico en la germinación de tres especies del género Opuntia (Cactaceae) del Desierto Chihuahuense. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 52(2), 46-52.

Ortega-Baes, P., & Rojas-Aréchiga, M. (2007). Seed germination of *Trichocereus terscheckii* (Cactaceae): Light, temperature and gibberellic acid effects. *Journal of Arid Environments*, 69(1), 169-176.

Rojas-Aréchiga, M., & Vázquez-Yanes, C. (2000). Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments*, 44(1), 85-104.

COMPARACIÓN DE LA FORMACIÓN DE BROTES *IN VITRO* DE *Agave potatorum* Zucc. EN MEDIO SÓLIDO Y SISTEMA DE INMERSIÓN TEMPORAL (RITA)

Carlos Roman Castillo Martínez[1]*, Miguel Ángel Vallejo Reyna[1], Efraín Velasco Bautista[1] y Lizbet Fernández Cruz[1]

[1]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP.

*Autor para correspondencia: castillo.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: Agave, Cultivo de Tejidos, Sistemas de Inmersión Temporal.

Introducción

El género Agave comprende especies de gran relevancia económica, ecológica y sociocultural para los pueblos originarios de América, quienes las han utilizado durante siglos como fuente de alimento, bebida, medicina y fibra, entre otros usos (García-Mendoza, 2007). Este género incluye aproximadamente 210 especies, de las cuales 159 se encuentran en México, considerado el centro de diversificación y domesticación de Agave spp. (Colunga et al., 2007).

Los agaves pueden reproducirse tanto sexual como asexualmente. La reproducción sexual ocurre mediante polinización por murciélagos, insectos o aves; mientras que la reproducción asexual es el principal modo natural de propagación, a través de hijuelos generados en la roseta basal o, en algunas especies, a partir de la inflorescencia (conocidos como hijuelillos). Sin embargo, algunas especies carecen de la capacidad de reproducirse asexualmente, dependiendo exclusivamente de la producción de semillas. En general, la tasa de propagación asexual es baja, y la reproducción sexual suele estar limitada por problemas de polinización y baja viabilidad de las semillas (García-Mendoza, 2007; Villaseñor, 2016).

Ante este escenario, surge la necesidad de conservar estos recursos fitogenéticos mediante alternativas biotecnológicas como el cultivo de tejidos vegetales. Esta técnica permite la regeneración de plantas a partir de un explante aislado y desinfectado, bajo condiciones óptimas de crecimiento, manteniendo las características genéticas del material original (Miguel-Luna et al., 2013). Entre las innovaciones en este campo, los sistemas de inmersión temporal han demostrado mejorar significativamente la eficiencia de propagación in vitro en diversas especies, al incrementar la tasa de multiplicación, favorecer el desarrollo de los explantes y reducir el uso de espacio y recursos, lo que contribuye a una mayor rentabilidad (Rosales et al., 2017).

El objetivo de este trabajo es comparar la tasa de multiplicación in vitro de *Agave potatorum* Zucc. en medio sólido y en un sistema de inmersión temporal RITA®.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología y Germoplasma Forestal del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF). Para el tratamiento experimental, se utilizó el sistema de inmersión temporal RITA®, cuya función es nutrir y oxigenar los explantes mediante una inmersión intermitente generada por la inyección de aire estéril filtrado a baja presión. Este aire fuerza el ascenso del medio líquido, bañando los explantes; al cesar el flujo, el líquido regresa al fondo por gravedad.

Se prepararon 250 mL de medio de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1962) en estado líquido, sin adición de agar como agente gelificante. A dicho medio se le incorporaron 30 $g \cdot L^{-1}$ de sacarosa, 2.0 $mg \cdot L^{-1}$ de 6-bencilaminopurina (BA) como regulador del crecimiento y se ajustó el pH a 5.7 antes de su esterilización. Este medio fue utilizado tanto en el sistema de inmersión temporal (RITA®) como base para el tratamiento en medio sólido, en el cual se adicionaron 9 $g \cdot L^{-1}$ de agar y se distribuyó en frascos de cultivo con 25 mL por unidad. Ambos tipos de medios fueron esterilizados en autoclave a 120 °C durante una hora.

Los explantes de A. potatorum fueron obtenidos de frascos cultivados previamente en medio sólido sin reguladores de crecimiento. Bajo condiciones asépticas en campana de flujo laminar, se realizaron los cortes necesarios para obtener un total de 40 explantes, distribuidos equitativamente entre los tratamientos de medio sólido y sistema RITA®.

Posteriormente, los frascos se colocaron en una cámara de crecimiento bajo fotoperiodo de 16 h luz / 8 h oscuridad, a una temperatura constante de 25 ± 2 °C. La evaluación se realizó a los 90 días, considerando como parámetro principal el número de brotes formados por explante.

El análisis estadístico se efectuó mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el programa SAS (SAS Institute, 2012).

Resultados y discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 1), el sistema de inmersión temporal RITA® generó un promedio significativamente mayor de brotes por explante de Agave potatorum (13.6 brotes) en comparación con el medio sólido (8.3 brotes). La diferencia entre ambos tratamientos fue estadísticamente significativa conforme a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 1. Número de brotes por explante en medio sólido y en sistema de inmersión temporal RITA con medio líquido.

Tipo de medio	Media de número de brotes	Grupo de la prueba de tukey
Medio sólido	8.3	B
Medio líquido SIT RITA	13.6	A

Medias con la misma letra en columnas no son significativamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Resultados similares fueron reportados por Castillo-Martínez et al. (2023), quienes obtuvieron un promedio de 14.4 brotes por explante de A. potatorum utilizando también el sistema RITA®. Asimismo, Ríos-Ramírez et al. (2018) lograron la formación de brotes adventicios en A. angustifolia utilizando sistemas de inmersión temporal. Por su parte, González-Durán y Núñez-Palenius (2015) trabajaron con A. durangensis y encontraron que la combinación de ácido indolbutírico (IBA) con citocininas a una dosis de 3 $mg \cdot L^{-1}$ produjo un promedio de 2.67 brotes por explante.

En cuanto a la eficiencia del sistema, Alvard et al. (1993) subrayan que la duración y frecuencia de la inmersión son factores críticos en el diseño de sistemas basados en medio líquido, ya que el contacto intermitente favorece la absorción de nutrientes y mejora la inducción de brotes.

Los sistemas de inmersión temporal han demostrado efectividad en diversas especies como papaya (Carica papaya; Posadas et al., 2003), plátano (Musa spp.; Aragón et al., 2006) y papa (Solanum tuberosum; Montoya et al., 2008). No obstante, su aplicación en agaves es aún limitada. En A. tequilana, Aguilar y Núñez (2017) reportaron solo 4 brotes por explante, lo que refuerza la importancia de optimizar protocolos específicos para cada especie y tipo de explante.

Conclusiones

El sistema de inmersión temporal RITA® promovió una mayor formación de brotes por explante en comparación con el medio sólido, lo cual sugiere que es una alternativa eficiente para la propagación masiva in vitro de Agave potatorum. La mejora en la tasa de multiplicación observada respalda el potencial del sistema RITA® como herramienta biotecnológica para la conservación y aprovechamiento sustentable de esta especie endémica.

Agradecimientos Al INIFAP por financiar esta investigación a través de Fondos Fiscales.

Referencias bibliográficas

Castillo-Martínez, C. R., Velasco-Bautista, E., Betanzos-Jiménez, R. P., & Aragón-Cuevas, F. (2023). Mass propagation of tobala mezcal maguey (*Agave potatorum* Zucc.) in a temporary immersion system compared with a solid medium. Agro Productividad.

Alvard, D., Cote, F., & Teisson, C. (1993). Comparison of methods of liquid medium cultures for banana micropropagation: Effect of temporary immersion of explants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 32, 55–60.

Ríos-Ramírez, S., Enríquez del Valle, J. R., Rodríguez-Ortiz, G., Ruíz-Luna, J., & Velasco-Velasco, V. A. (2018). In vitro formation of adventitious shoots on caulinary tissue of physiologically contrasting Agave angustifolia plants. Emirates Journal of Food and Agriculture, 30(1), 49–56.

Miguel-Luna, M. E., Enríquez del Valle, J. R., Velasco, V. A., Villegas, Y., Carrillo, J. C., & Rodríguez, G. (2013). Composición del medio de cultivo y la incubación para enraizar brotes de agave. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (4), 1151–1159.

García-Mendoza, A. J. (2007). Los agaves en México. Revista Ciencia, (58), 14–23.

SISTEMAS DE INMERSIÓN TEMPORAL EN LA MICROPROPAGACIÓN DE *Agave cupreata* Trel. & A. Berger.

Itzely Adilene Abad-Salgado[1], Antonio Rescalvo Morales[1], Kelly Maribel Monja-Mio[1]*

[1]Centro de Investigación Científica de Yucatán- Sede Acapulco

*Autora para correspondencia: kelly.monja@cicy.edu.mx

Palabras clave: *Agave cupreata*, Guerrero, Sistemas de Inmersión Temporal

Introducción

México es un centro de diversidad genética para el género *Agave*, del cual se han identificado alrededor de 211 especies, siendo el 75% endémicas del país. Entre ellas, *Agave cupreata* Trel. & A. Berger destaca por su importancia cultural, económica y ecológica en el estado de Guerrero, donde se utiliza principalmente para la producción de mezcal. Sin embargo, su explotación intensiva, ciclo reproductivo largo (7 a 15 años) y reproducción únicamente sexual, han provocado una disminución en sus poblaciones naturales, lo que pone en riesgo su conservación (Illsley et al., 2007). Ante esta problemática, la micropropagación *in vitro* surge como una alternativa viable para la multiplicación y conservación de esta especie. Este método biotecnológico se puede llevarse a cabo mediante sistemas de cultivo convencionales o mediante biorreactores de inmersión temporal, los cuales permiten reducir costos y aumentar la eficiencia del cultivo. Factores como la frecuencia de inmersión, el tiempo de cultivo y la densidad de biomasa son determinantes para el éxito de este sistema. El presente estudio se propone evaluar el factor de la densidad de la biomasa inicial en la micropropagación de *Agave cupreata* en el sistema de inmersión temporal RITA®.

Materiales y métodos

Material vegetal. Se utilizaron brotes micropropagados de 3-4 cm de longitud de líneas clonales de *A. cupreata*, establecidas de acuerdo al protocolo de Robert et al., (2006). Cabe recalcar que una clona constituye los brotes obtenidos de una planta madre introducida.
Sistemas de inmersión temporal. Los biorreactores utilizados en esta investigación fueron los RITA® (Vitropic, St. Mathieu de Treviers, Francia).
Fase de crecimiento: Se evaluó el efecto de la densidad de la biomasa en la fase de crecimiento de brotes micropropagados de *A. cupreata*, para lo cual se utilizaron 3 densidades de biomasa 20, 40 y 60 brotes de la clona J-112 por un tiempo de 10 semanas a una frecuencia de inmersión de 1 minuto × 6 horas en sistemas RITA®. Transcurrido el experimento se evaluó el incremento del crecimiento de las plántulas iniciales, el número de brotes por explante, el número de brotes por biorreactor y el rango de tamaño de brotes nuevos producidos, así como el porcentaje de hiperhidricidad.
Medio y condiciones de cultivo. El medio de cultivo utilizado para la fase de crecimiento fue el medio MSB: sales de Murashige y Skoog (MS) (Murashige y Skoog 1962) con nitrógeno reducido (10 mM KNO3 y 5 mM NH4NO3), suplementado con 3% de sacarosa, 0,113 µM de ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y 4,4 µM de 6-bencilaminopurina (BA) (Monja-Mio et al., 2024). Cada biorreactor contenía 200 mL de medio de cultivo líquido. El pH del medio de cultivo fue ajustado a 5.8 con una solución de 0,1 N de HCl o de KOH. Los medios y los biorreactores se esterilizaron en autoclave a una presión de 15 psi durante 20 minutos. Las condiciones de incubación se mantuvieron en 24± 2°C con un periodo de iluminación de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad.
Análisis estadístico. Los valores promedios corresponden al incremento con respecto al tiempo inicial de todos los parámetros evaluados. Todos los datos fueron sujetos a One-way ANOVA y evaluados mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) (MINITAB 18.0).

Resultados y discusión

Un factor importante que determina la eficacia de cultivo en los sistemas de inmersión temporal es la densidad de biomasa, por lo cual es importante determinarla. En este trabajo observamos diferencias significativas entre las densidades evaluadas con respecto a los parámetros morfológicos evaluados (Fig. 1). El mayor número de brotes nuevos por explante se encontró en las densidades de 20 y 40 con un promedio de 11. 5 y 12.3 brotes/explante respectivamente, mientras que la densidad de 60 fue de 8.6 brotes/explante (Fig. 1A). Sin embargo, al realizar el conteo de brotes por biorreactor las densidades más

altas de 40 y 60 brotes fueron las que mostraron el mayor número de brotes nuevos, con un promedio de 492 y 539 respectivamente (Fig. 1B, Fig. 2). Esto indica que la densidad de 40 brotes podría ser la ideal para esta especie, sin comprometer su producción por explante y el tamaño de los brotes nuevos (Fig. 1E, Fig. 2A). En otras especies de *Agave* se ha observado que la densidad de la biomasa inicial afecta la producción de brotes. En *A. angustiolifa* el mayor número de brotes se obtuvo al utilizar 20 brotes/biorreactor, además de que a mayor densidad la producción disminuye (Monja-Mio et al., 2021). Los brotes iniciales mostraron un incremento en tamaño en las densidades de 40 y 60, con respecto a la densidad de 20 brotes/biorreactor (Fig. 1D). En *A. angustifolia* no se observaron diferencias entre las densidades evaluadas, sin embargo, ellos utilizaron un medio de multiplicación con mayor contenido de BAP (diez veces más) que el de este trabajo (Monja-Mio et al., 2021).

Con respecto a la hiperhidricidad no se observaron diferencias entre las densidades evaluadas, con un porcentaje menor al 7% (Fig. 1C). Este parámetro es importante porque indica que este tipo de sistemas garantiza una mejor calidad fisiológica. Chávez-Ortiz et al. (2021) mencionaron que tiempos más largos de inmersión pueden ser un factor que incrementar la tasa de hiperhidricidad, y al utilizar una frecuencia de inmersión de 1 minuto cada 6 horas, similar a nuestro trabajo, encontró que los brotes de *A. guiengola* obtuvieron un porcentaje de hiperhidricidad de 12.2%.

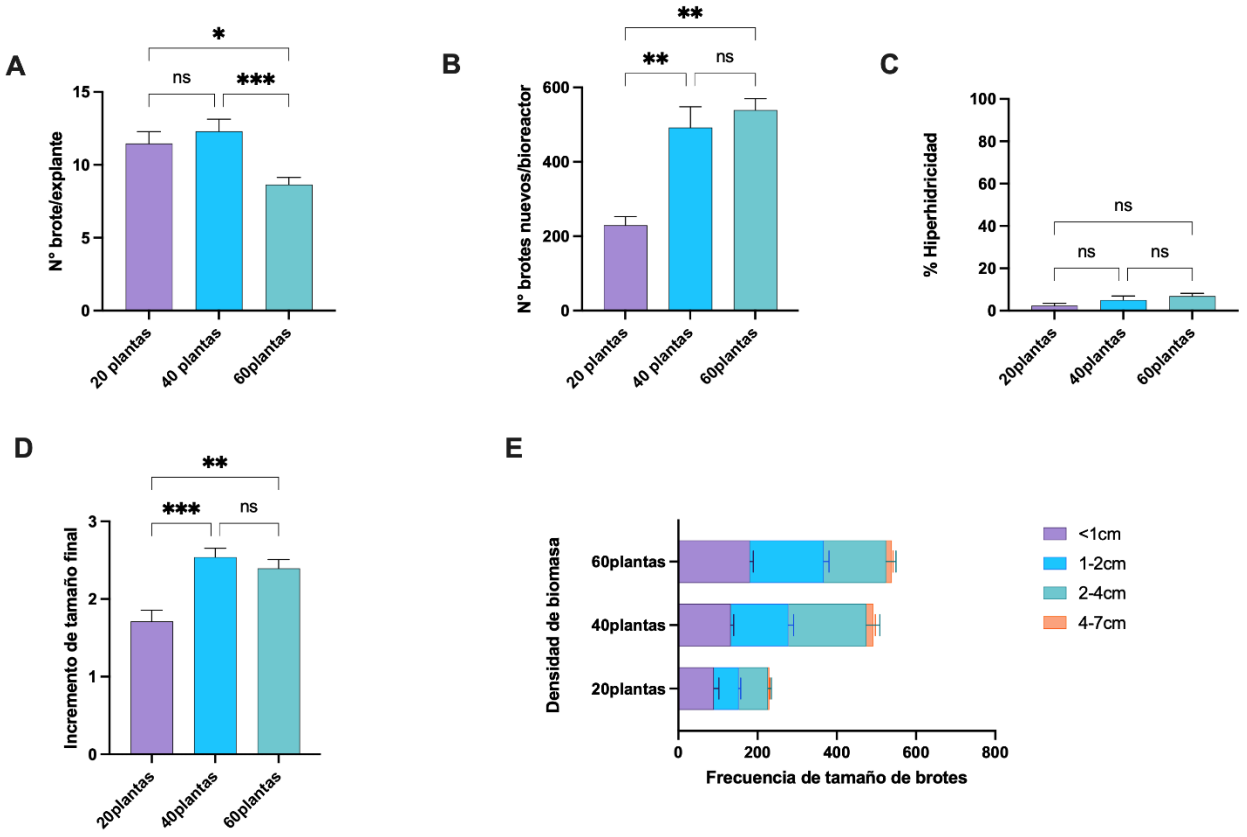


Figura 1. Parámetros morfológicos evaluados: A) Número de brotes por explante B) Número de brotes por bioreactor C) Porcentaje de hiperhidricidad D) Incremento de tamaño de brote inicial E) Frecuencia de tamaño de brotes nuevos.

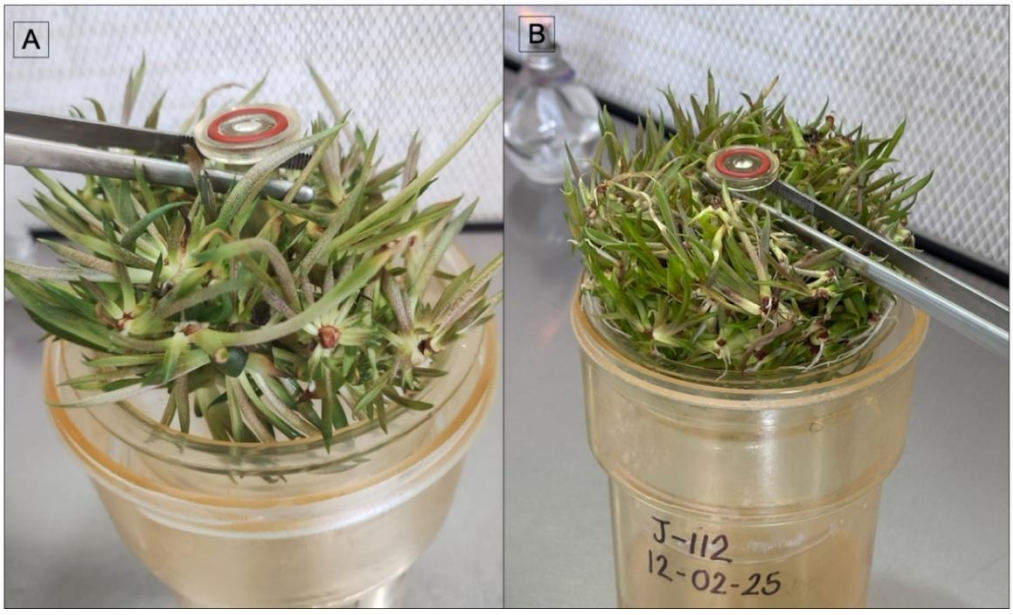


Figura 2. Efecto de la densidad de biomasa en la micropropagación de *A. cupreata* durante 10 semanas de cultivo. A) Densidad de 40 plantas por contenedor B) Densidad de 60 plantas por contenedor.

Conclusiones

Los resultados evidenciaron la importancia de establecer condiciones óptimas en los sistemas de inmersión temporal para la micropropagación eficiente de *Agave cupreata*, una de estas condiciones es la densidad de biomasa que influyó significativamente en la producción de brotes y en el desarrollo morfológico de las plántulas, destacando la densidad de 40 brotes por biorreactor, representan condiciones óptimas para maximizar el rendimiento sin comprometer la calidad fisiológica de las plantas.

Referencias bibliográficas

Chávez-Ortiz, L. I., Morales-Domínguez, J. F., Rodríguez-Sahagún, A., & Pérez-Molphe-balch, E. (2021). In vitro propagation of agave guiengola gentry using semisolid medium and temporary immersion bioreactors. Phyton, 90(3), 1003–1013. https://doi.org/10.32604/phyton.2021.012862

Illsley, C., Vega, E., Pisanty, I., Tlacotempa, A., García, P., Morales, P., Rivera, G., García, J., Jiménez, V., Castro, F., & Calzada, M. (2007). Maguey papalote: hacia el manejo campesino sustentable de un recurso colectivo en el trópico seco de Guerrero, México. In P. Colunga-García Marín, A. Larqué Saavedra, L. E. Eguiarte, & D. Zizumbo-Villareal (Eds.), En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves (pp. 319–338). Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Monja-Mio, K. M., Ojeda, G., Herrera-Alamillo, M. Á., Sánchez-Teyer, L. F., & Rescalvo-Morales, A. (2024). BioMINT: A Temporary Immersion System for Agave Micropropagation. In Methods in Molecular Biology (Vol. 2759, pp. 77–88). Humana Press Inc. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3654-1_8

Monja-Mio, K. M., Olvera-Casanova, D., Herrera-Alamillo, M., Sánchez-Teyer, F. L., & Robert, M. L. (2021). Comparison of conventional and temporary immersion systems on micropropagation (multiplication phase) of Agave angustifolia Haw. 'Bacanora.' 3 Biotech, 11(2). https://doi.org/10.1007/s13205-020-02604-8

Robert, M. L., Herrera-Herrera, L., Castillo, E., Ojeda, G., & Herrera-Alamillo, M. A. (2006). Micropropagation of Agave Species An Efficient Method for the Micropropagation of Agave Species. In Methods in Molecular Biology (Vol. 318).

VARIACIÓN EN LA FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DE UN HUERTO SEMILLERO DE 2ª GENERACIÓN

Gina Isabel Reyes-Esteves[1], Lilliana Muñoz-Gutiérrez[2]*, Javier López-Upton[1]
[1]Colegio de Postgraduados, Postgrado en Ciencias Forestales, Campus Montecillo, [2] CENID COMEF, INIFAP.

*Autora para correspondencia: gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

Palabras clave. Dispersión de polen, receptividad femenina, sincronización fenológica

Introducción

Los huertos semilleros de polinización libre son plantaciones que propician el entrecruzamiento de individuos superiores genéticamente, evitan la depresión endogámica y mantienen la diversidad genética, lo cual asegurará la adaptación a lugares específicos (árboles productivos y sanos) y la producción de semilla a edades tempranas, en intervalos regulares y en cantidades suficientes (Chaix *et al*., 2007; Muñoz-Gutiérrez *et al*., 2020; Ruiz-Farfán *et al*., 2015). Estos objetivos se logran a medida en que todos los árboles participan en la reproducción sexual, propiciando un adecuado acervo de gametos para la fecundación y mejor combinación alélica de la progenie en relación al bosque natural (Hernández-Zaragoza *et al*., 2016; Li *et al*., 2011; Muñoz-Gutiérrez *et al*., 2020; Xie *et al*., 2022).

Las diferencias de la sincronía reproductiva se atribuyen a factores genéticos y a las interacciones entre genotipos a través de las variaciones ambientales (Chaix *et al*., 2007; Codesido *et al*., 2005), formando agrupaciones de familias o clones a la fenología reproductiva de acuerdo a su origen (Díaz and Merlo, 2008; Chaix *et al*., 2007; Ruiz-Farfán *et al*., 2015; Xie *et al*., 2022). La información sobre los patrones de la fenología reproductiva en los huertos semilleros son indispensables para tomar decisiones en el manejo con fines al cumplimiento de los objetivos de los programas de mejoramiento genético forestal (Li *et al*., 2012; Velasco-Hernández *et al*., 2023; Xie *et al*., 2022).

En agosto del 2016, se estableció un huerto semillero clonal de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl *et* Cham. de 2ª generación, en la Reserva Forestal Multifuncional “El Manantial” localidad Chichicaxtla, municipio de Aquixtla, Puebla, como parte de un Programa Regional de Mejoramiento Genético de la especie para obtener semilla con calidad genética superior, y así incrementar la productividad y calidad de la madera en sus bosques manejados dentro de la Reserva. Esta capítulo de investigación tiene por objetivos: 1) Evaluar diferencias en la fenología reproductiva entre los clones de *P. patula*, así como determinar el nivel de variación clonal, repetibilidad y estabilidad de estas características entre años de evaluación; 2) Determinar el nivel de variación clonal en el grado de sincronización fenológica entre la receptividad de óvulos femeninos con la fenología de la liberación de polen del mismo clon, y de otros clones, asi como determinar su estabilidad entre años.

Materiales y métodos

Un huerto semillero clonal de 2ª generación de *P. patula* se estableció en el Conjunto Predial Forestal, municipio de Aquixtla, Pue., en agosto del año 2016. Inicialmente se contó con una población de 384 individuos de 33 clones, seleccionados de análisis genéticos en diferentes ensayos de progenie de las siguientes procedencias; Sierra Mojada y Chichicaxtla, Pue.; Zacualtipán, Hgo; y árboles reintroducidos de ensayos establecidos en Sudáfrica y Colombia. La plantación en el huerto semillero se realizó a un espaciamiento de 3 x 3 m, bajo un diseño completamente al azar, con diferente número de rametos por clon.

El desarrollo de las estructuras femeninas y masculinas se evaluó en 75 rametos, 3 rametos por cada uno de los 25 clones en la primavera del 2025, esto es el 19 % del total de la población del huerto semillero, los cuales fueron seleccionados por su historial de producción de conos en dos años consecutivos, durante febrero y abril del 2022 y 2023. Para la fenología reproductiva se evaluó cada rameto entre fines de enero y mediados de abril, considerando días julianos, iniciando como día uno el primero de enero hasta la última

fecha de evaluación; para los estróbilos masculinos se muestrearon cinco ramas marcadas en la parte baja de la copa y para los femeninos en cinco ramas en la parte media y alta del árbol. Se realizaron observaciones semanales durante 11 semanas hasta que el polen fue liberado completamente y las escamas de los estróbilos femeninos se cerraron, indicando el fin del periodo de receptividad (Codesido *et al.* 2005).

Cuatro etapas fenológicas se identificaron para las estructuras femeninas (Matziris 1994): 1) la yema vegetativa se vuelve cilíndrica y aumenta de tamaño; en la base aparecen las yemas reproductivas cubiertas aún por catáfilos; 2) la parte apical de la yema comienza a abrirse, el estróbilo emerge, los óvulos no están receptivos pero los granos de polen pueden quedarse entre las escamas y, si sobreviven hasta la siguiente etapa, pueden fertilizar; 3) las escamas se separan gradualmente hasta formar un ángulo recto con el eje del estróbilo, los granos de polen pueden penetrar con facilidad entre las escamas y alcanzar los óvulos, siendo el estado de máxima receptividad; 4) las escamas aumentan de tamaño y grosor de manera que el polen ya no puede atravesar, cesando la receptividad. Las estructuras masculinas se separaron en cuatro etapas fenológicas (Codesido y Merlo 2001): 1) los estróbilos masculinos en la base de la yema vegetativa con los sacos polínicos cubiertos por catáfilos; 2) ocurre el alargamiento de los estróbilos que emergen y quedan al descubierto de los catáfilos; 3) los estróbilos siguen elongándose hasta adquirir un color amarillo, y ocurre la liberación de polen; 4) termina por completo la emisión de polen, los sacos polínicos se marchitan y los estróbilos caen.

Para cada rameto y clon se determinaron las fechas de inicio, fin y duración de cada una de las etapas fenológicas con el macro *SYNCHRO* (Zas *et al.*, 2003) de *SAS*® versión 9.4 (SAS, 2013); previamente, las fechas en las cuales se realizaron las observaciones se convirtieron a días julianos (número de días a partir del 1 de enero). Se calculó el Índice de Sincronización Fenológica (*PO*) entre pares de clones de acuerdo con el procedimiento propuesto por Askew y Blush (1990) generados por el programa *SYNCHRO* (Matziris 1994, Zas *et al.* 2003).

Resultados y discusión

Los clones evaluados mostraron diferencias en su comportamiento fenológico, por lo que fue posible agruparlos en dos categorías: precoces y tardíos. En los clones precoces, el inicio de la receptividad femenina ocurrió en promedio en el día juliano 84.2 y finalizó en el 91.3, con una duración de 7.1 días. En contraste, en los clones tardíos la receptividad comenzó en el día 92.5 y concluyó en el 99.6, también con una duración de 7.1 días (Cuadro 1). Para la dispersión de polen, los clones precoces iniciaron en promedio el día 64.1 y finalizaron en el 90.6, con una duración de 26.5 días, mientras que los clones tardíos comenzaron en el día 71.7 y concluyeron en el 92.2, con una duración de 20.5 días.
Esto indica que la dispersión de polen, especialmente en los clones precoces, se inició considerablemente antes del inicio de la receptividad femenina, lo cual puede limitar el traslape temporal necesario para una fecundación efectiva. Esta asincronía resulta más notoria en los clones tardíos, donde algunos eventos reproductivos se registraron hasta el día 76.5 y con duraciones tan cortas como 7 días, lo que restringe aún más las oportunidades de cruzamiento.

Cuadro 1. Días promedio de las fechas de inicio, fin y duración de la receptividad femenina y dispersión de polen en *Pinus patula* Schltdl. & Cham.

Evento fenológico	Clones precoces			Clones tardíos		
	Inicio	Fin	Duración (días)	Inicio	Fin	Duración (días)
Receptividad femenina	84.2	91.3	14.3	92.5	99.6	7.1
Dispersión de polen	64.1	90.6	26.5	71.7	92.2	20.5

El Índice de Sincronización Fenológica (PO) promedio fue de 0.13, reflejando una baja coincidencia temporal entre la liberación de polen y la receptividad femenina entre clones. Los valores de PO para receptividad femenina oscilaron entre 0.03 y 0.54. Se identificaron tres clones (04Z, 05Z y 36C) con valores de PO iguales a 0, lo que sugiere que no coincidieron con ningún otro clon en fase receptiva, lo que los

excluye funcionalmente como receptores de polen. En contraste, el clon 64R presentó el valor más alto (PO = 0.54), indicando una mayor sincronía con otros clones (Cuadro 2).
Estos resultados sugieren que la falta de sincronización entre la maduración de estróbilos masculinos y femeninos puede comprometer la eficiencia de fecundación dentro del huerto, con implicaciones negativas para la diversidad genética y la distribución equitativa de contribuciones clonales en la progenie.

Cuadro 1. Índice de Sincronización Fenológica (*PO*) entre la receptividad femenina y la dispersión de polen entre clones de *Pinus patula* Schltdl. & Cham.

ID clon	PO femenina	PO masculina	ID clon	PO femenina	PO masculina	ID clon	PO femenina	PO masculina
01Z	0.11	0.17	117C	0.15	0.08	36S	0.17	0.03
02R	0.03	0.13	12C	0.06	0.09	37R	0.17	0.14
02Z	0.45	0.19	15R	0.11	0.1	58C	0.33	0.1
03Z	0.07	0.21	17R	0.1	0.18	64R	0.54	0.26
04Z	0	0.1	17S	0.09	0.14	72R	0.19	0.13
05Z	0	0.09	23S	0.1	0.11	83S	0.09	0.16
10R	0.13	0.16	25R	0.03	0.16	91C	0.19	0.06
10S	0.03	0.14	34S	0.05	0.26	**General**	**0.13**	**0.13**
113C	0.11	0.1	36C	0	0.03			

Conclusiones

Los clones de *Pinus patula* evaluados en el huerto semillero de segunda generación mostraron variabilidad en su fenología reproductiva, con diferencias claras en el inicio y duración de la receptividad femenina y la dispersión de polen. Se observó una asincronía entre ambos eventos, especialmente en los clones tardíos, donde la liberación de polen concluyó antes del inicio de la receptividad en varios casos.

El bajo valor del Índice de Sincronización Fenológica (PO) entre clones confirma una participación reproductiva desigual, lo cual podría reducir la diversidad genética y la representatividad clonal de la progenie.

Con base en estos hallazgos, se recomienda implementar estrategias de manejo reproductivo orientadas al control de la polinización cruzada entre pares clonales compatibles, así como considerar la introducción de técnicas para sincronizar fenológicamente a los clones con mayor desfase.

Fuente financiadora

Proyecto 8491236185 “Manejo integrado de los recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático.” Cenid Comef, INIFAP.

Referencias bibliográficas.

Hernández Zaragoza O, López-Upton J, Vargas-Hernández, JJ, Jiménez-Casas M. 2016. Variación clonal de la fenología reproductiva en un huerto semillero de *Pinus patula*. Bosque 37(2), 255-264.

Muñoz-Gutiérrez L, Vargas-Hernández JJ, López-Upton J, Ramírez-Herrera C, Jiménez-Casas M, Aldrete A. 2019. Variation in reproductive phenology in a *Pinus patula* seed orchard and risk of genetic contamination from nearby natural stands. New Forests 50: 1027-1041.

Muñoz-Gutiérrez, L, Vargas-Hernández JJ, López-Upton J, Ramírez-Herrera C, Jiménez-Casas M. 2020. Clonal variation in phenological synchronization and cone production in a *Pinus patula* seed orchard. Silvae Genetica 69 (1): 130-138.

Velasco-Hernández SI, Muñoz-Gutierrez L, Vargas-Hernández JJ, Castelán-Lorenzo M. 2023. Phenology of reproductive structures of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 14 (80): 80-104.

SECCIÓN 2

Manejo forestal sustentable y servicios ambientales



“MANEJO FORESTAL, LA MEJOR FORMA DE CONSERVAR LOS BOSQUES” / *Mario Valerio Velasco García*

COMPARACIÓN DE INFORMACIÓN DE SENSORES REMOTOS Y ANILLOS DE CRECIMIENTO EN EL ANÁLISIS TEMPORAL DE INCENDIOS FORESTALES

Arian Correa-Díaz[1]*, Julián Cerano-Paredes[2], José Villanueva-Díaz[2], Bernabé Colohua-Citláhua[3]
[1]CENID COMEF, INIFAP; [2]CENID RASPA, INIFAP; [3]Parque Nacional Pico de Orizaba

*Autor para correspondencia: correa.arian@inifap.gob.mx

Palabras claves: Cicatrices de incendios, Pico de Orizaba, MODIS

Introducción

La dendropirocronología es la rama de la dendrocronología (i.e., ciencia que estudia los anillos de crecimiento de los árboles), que utiliza las cicatrices en el fuste de los árboles para analizar la dinámica temporal del fuego en ecosistemas forestales (Grissino-Mayer, 2001). Estas cicatrices se forman cuando un incendio es lo suficientemente intenso y prolongado como para penetrar en la corteza del árbol y dañar parte del cámbium. La información obtenida a través de la dendropirocronología es valiosa porque permite reconstruir los regímenes históricos de los incendios, así como identificar el impacto de perturbaciones antrópicas, lo cual resulta esencial para el diseño de estrategias de manejo de fuego en bosques (Cerano-Paredes et al., 2019).
No obstante, a pesar de su relevancia, existen muy pocos estudios que hayan explorado la relación entre la información proveniente de cicatrices de incendios y los datos obtenidos mediante sensores remotos, como los puntos de calor. Estos se definen como cualquier sitio en la superficie terrestre con una temperatura que supera la de su entorno y de un umbral determinado por un algoritmo (Giglio et al., 2003). Si bien, los puntos de calor pueden originarse por diversas fuentes como quemas agrícolas u otras fuentes, en ecosistemas forestales suelen estar más estrechamente relacionados con incendios. En 1999, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), desarrolló el Sistema de Alerta Temprana de Incendios Forestales (SATIF), el cual proporciona información sobre puntos de calor a lo largo del territorio nacional (CONABIO, 2004). Por lo tanto, el objetivo fue comparar la frecuencia de incendios determinada a partir de cicatrices en los árboles de *Pinus hartwegii* Lindl. con el registro de puntos de calor detectados mediante sensores remotos en una sección del Parque Nacional Pico de Orizaba.

Materiales y métodos

En 2024 se muestreó arbolado de *P. hartwegii* con evidencia de cicatrices de incendios en el paraje conocido como Las Balsas (7.8 ha) ubicado en la sección norte del Parque Nacional Pico de Orizaba (PNPO) (Figura 1A). Para ello, se recolectaron muestras de madera (e.g., secciones parciales) de árboles vivos y muertos que presentaban el mayor número de cicatrices de incendios, para la obtención de las muestras se utilizó una motosierra. El trabajo de campo se desarrolló siguiendo la metodología propuesta por Cerano-Paredes et al., (2009). Las muestras fueron procesadas conforme a los procedimientos dendrocronológicos estándar los cuales comprenden el lijado y la datación precisa de cada anillo de crecimiento (intercorrelación de las series) para identificar el año exacto en que ocurrió el incendio. Posteriormente, se determinó la estación de ocurrencia de los incendios con base a la posición de la cicatriz dentro del anillo de crecimiento (Grissino-Mayer, 2001). La frecuencia de incendios fue evaluada utilizando el software FHX2.
La base de datos histórica de puntos de calor del PNPO fue descargada del SATIF de CONABIO (http://incendios-beta.conabio.gob.mx/) para el periodo del 2000 al 2022. Esta base, en formato csv, fue georreferenciada y representada en términos de frecuencia mensual y anual mediante mapas de celdas hexagonales, los cuales ofrecen una visualización más clara de la densidad de eventos en comparación con las cuadriculas rectangulares. El análisis fue realizado en el software R, versión 4.4.2

Resultados y discusión

Para las muestras colectadas, se logró identificar y fechar el 100% de las cicatrices de incendios del total del arbolado (Figura 1B). La extensión temporal máxima de las muestras fue de 1836 al 2024 (189 años), con una edad promedio del arbolado de 105 años (n = 14 árboles).

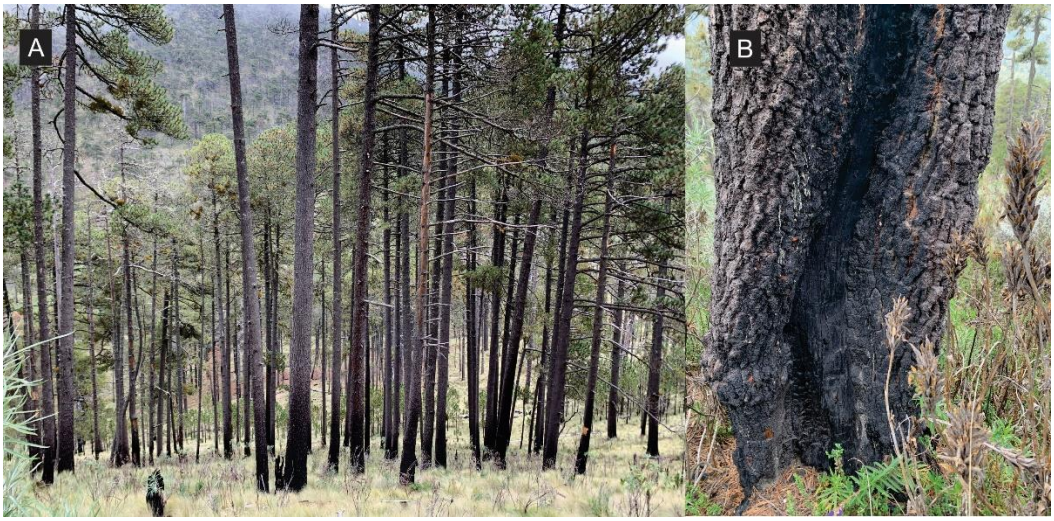


Figura 1. (A) Vista panorámica del bosque de *Pinus hartwegii* afectado por incendios. (B) Sección basal de un árbol de *Pinus hartwegii* afectada por el fuego y con evidencia de cicatrices.

Se encontró un promedio de 6 eventos de incendios registrados por árbol, sin embargo, se encontraron árboles que registraron hasta 15 incendios. La cicatriz más reciente fue determinada en el año 2020, mientras que la más antigua en 1871. La gran mayoría de las cicatrices se encontraron al inicio de la madera temprana, lo que es indicativo de la ocurrencia de incendios al inicio de la estación de crecimiento radial del árbol (Cerano-Paredes et al., 2019) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de cicatrices de incendios en *Pinus hartwegii* ubicados en el paraje Las Balsas del Parque Nacional Pico de Orizaba

Clave de la muestra	POR 01	POR 02	POR 03	POR 04	POR 05	POR 06	POR 07	POR 08	POR 09	POR 10	POR 11	POR 12	POR 13	POR 14
Año de Inicio	1847	1969	1937	1937	1902	1866	1932	1912	1936	1941	1929	1964	1942	1836
Año de Final	2024	2024	2024	2024	2011	2020	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2024	2006
Extensión (años)	178	56	88	88	110	155	93	113	89	84	96	61	83	171
Número de Incendios	7	3	5	5	1	15	3	6	8	6	8	3	6	6

Un total de 52 registros de puntos de calor fueron observados en la zona de estudio, distribuidos principalmente en los meses de febrero, marzo y abril; lo cual concuerda con la información observada en los anillos de crecimiento. Notablemente, los años 2011, 2019, 2020 y 2021 fueron aquellos con mayor presencia de puntos de calor, especialmente durante el 2020 (Figura 2). En este sentido, el 79% de los árboles analizados mostró una cicatriz para el año 2020, lo que revela una alta sincronía entre ambas metodologías, aunque limitada a eventos de gran magnitud y extensión. En contraste, en los demás años con puntos de calor no se identificaron cicatrices de incendios.

No obstante, debido a la distinta extensión temporal entre la información dendrocronológica y los registros de puntos de calor, no es posible analizar su frecuencia antes del año 2000. El uso de otros indicadores, como el Índice de Quema Normalizado (NBR), puede ser una alternativa, ya que puede calcularse a partir de imágenes del satélite Landsat, las cuales proporcionan información consistente a partir de 1990 (Escuin et al., 2007).

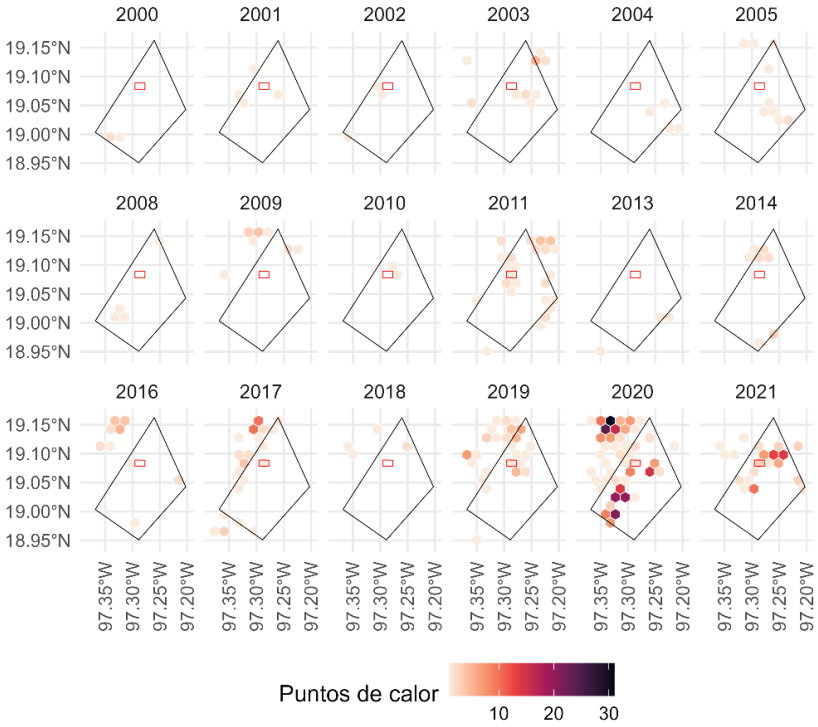


Figura 2. Frecuencia de puntos de calor por año, agrupados por celda hexagonal (4.6 km^2). Línea negra indica el límite del Parque Nacional Pico de Orizaba, mientras que el recuadro rojo la zona de estudio.

Conclusiones

El análisis de las cicatrices en anillos de crecimiento de *P. hartwegii* permitió determinar la dinámica temporal de incendios en la sección norte del PNPO, la cual se destaca por la presencia de hasta 21 incendios distribuidos en 189 años. Si bien la información de puntos de calor, proveniente de información satelital, solo provee información para los últimos 20 años, se destaca la sincronía observada en el año 2020, con una alta frecuencia de puntos de calor y presencia de cicatrices de incendios en casi el 80% del arbolado analizado.

Agradecimientos y Fuente financiera

Se agradece al INIFAP por el financiamiento a través del Proyecto Fiscal “Reconstrucción de regímenes históricos de incendios forestales en México: Ecología del fuego para el manejo forestal sustentable”.

Referencias bibliográficas

Cerano-Paredes, J., Villanueva-Díaz, J., Fulé, P. Z., Brown, P. M., Yocom, L. L., Constante-García, V., Estrada-Ávalos, J. 2019. Interpretación del historial de incendios en bosques mixtos de coniferas. Folleto Técnico 15. CENID RASPA, INIFAP. 59 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2004. Detección temprana de incendios. Biodiversitas, 52: 2-10.

Escuin, S., Navarro, R., Fernández, P. 2007. Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images. International Journal of Remote Sensing, 29(4), 1053–1073.

Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., Kaufman, Y. J. 2003. An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. Remote Sensing of Environment 87(2): 273-282.

Grissino-Mayer, H. D. 2001. FHX2-software for analyzing temporal and spatial patterns in fire regimes from tree rings. Tree-Ring Research 57: 115-124.

LOS PEROLES, SITIO CON ÁRBOLES LONGEVOS DE AHUEHUETE (*Taxodium mucronatum* Ten.): ANÁLISIS DEL INCREMENTO RADIAL EN EL ÚLTIMO MILENIO

José Villanueva-Díaz[1]*, David W. Stahle[2], Aldo Rafael Martínez Sifuentes[1], Fátima del Rocío Reyes Camarillo[1]

[1]CENID RASPA, INIFAP; [2]Departamento de Geociencias, Universidad de Arkansas

*Autor para correspondencia: villanueva.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ahuehuete, dendrocronología, conservación

Introducción

Los árboles longevos constituyen una de las fuentes indirectas de mayor relevancia para analizar la variabilidad interanual y multianual del clima y sus tendencias, ya que el tamaño de sus anillos de crecimiento constituye un indicativo de las condiciones climáticas prevalecientes previo y durante su formación (Fritts, 1976). Por otra parte, el conocer la edad de estos individuos, constituye un factor adicional para promover acciones de conservación de los ejemplares longevos y de los sitios donde se desarrollan (Stahle et al. 2012). El sabino o ahuehuete es la especie más longeva en México y por su amplia distribución en el territorio nacional y su relación con hechos históricos, se declaró como el árbol nacional de México en 1921 (Martínez, 1963). El ahuehuete en poblaciones puras o asociada con otras especies rivereñas, conforma bosques de galería de excepcional belleza escénica. Sin embargo, la especie también puede prosperar en humedales con un manto freático fluctuante, donde las condiciones de humedad y físico-químicas del suelo determinan el grado de oxigenación y la absorción de nutrientes, que se refleja en un mayor o menor crecimiento anual. Diversos estudios han reportado la presencia de ejemplares de ahuehuete milenarios en ecosistemas riparios de nuestro país, lo cual ha permitido reconstruir la variabilidad climática por siglos y analizar su impacto de esta en la provisión de recursos hídricos, producción de alimentos y su impacto en las sociedades precolombinas y modernas (Villanueva et al. 2020). El comportamiento en crecimiento radial de esta especie en humedales como el de Los Peroles, Rioverde, San Luis Potosí (SLP), no ha sido descrito a detalle y en el cual, se desarrollan algunos de los individuos más longevos de México (Figura 1).
El objetivo de este estudio fue desarrollar una serie dendrocronológica de ahuehuetes longevos existentes en el humedal de los Peroles, que permita determinar su variabilidad interanual y multianual, así como la influencia que han ejercido variables climáticas en su comportamiento a través del tiempo

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el paraje conocido como Los Peroles, que debe su nombre a un nacimiento de agua cristalina en forma redonda. El sitio es propiedad ejidal de la comunidad San Francisco, municipio de Rioverde, SLP. El clima del área es semiárido-semicálido, con una temperatura media anual de 20.5 a 21.5 ^{o}C y una precipitación anual de 350 a 500 mm, la cual ocurre principalmente en el verano. Los suelos se clasifican como solonchaks, calci-yesíferos, con textura migajón limosa, donde prospera una vegetación halófita y gipsófila, constituida por un estrato arbóreo de mezquite (*Prosopis laevigata*) y ahuehuete (*Taxodium mucronatum*); un estrato arbustivo de granadillo (*Maytenus phyllantoides* Benth.), diversas cactáceas (*Opuntia* spp, *Steneocereus* spp), entre otras especies y un estrato herbáceo dominado por pasto salado (*Spartina spartinae* Trin.). Los árboles de ahuehuete se encuentran concentrados en un área no mayor de 100 ha, aunque algunos individuos se distribuyen de manera dispersa en el humedal, particularmente a lo largo de las corrientes subterráneas donde el agua llega a brotar o se encuentra muy superficial.
El muestreo de los árboles de ahuehuete se realizó en diversas visitas, donde se determinó el diámetro normal y se obtuvieron incrementos radiales con un taladro Pressler de dimensiones variables y un diámetro interno de 5.1 a 12.1 mm. Las muestras fueron procesadas acorde a técnicas dendrocronológicas convencionales. La datación de las muestras se verificó con el programa COFECHA (Holmes, 1983) y las series de anchura total del anillo se estandarizaron con el programa ARSTAN al aplicar curvas exponenciales negativas, rectas de regresión y curvas flexibles para eliminar el efecto de la edad, debido a un diámetro en el fuste cada vez mayor. Con este procedimiento, las series generadas tuvieron una media cercana a la unidad y varianza homogénea. La serie de anillo total generada se correlacionó con

información de estaciones climáticas representativas para la región para determinar las variables con mayor influencia en su crecimiento.



Figura 1. Ahuehuete "*Maximina*", con una edad cercana a 1600 años.

Resultados y Discusión

De los árboles muestreados, se determinó que tres de ellos sobrepasan el milenio de vida; el más longevo es "*Maximina*", con el crecimiento interno datado en el año 465 C.E., lo que le confiere una edad de 1559 años, aunque su edad real puede estar cercana a 1600 años. El segundo individuo se conoce como "*Maximino*", nombre otorgado en honor al botánico mexicano Maximino Martínez, con una edad aproximada de 1300 años y el tercer individuo "*Pepe*" con aproximadamente 1100 años (Figura 2). Otros individuos muestreados tienen entre 500 y 700 años, como es el caso de "*Chabelita*", un árbol en posición horizontal, que se inclinó por su peso y dilución del yeso en el suelo; que tiene cerca de 700 años y muestra buen vigor.

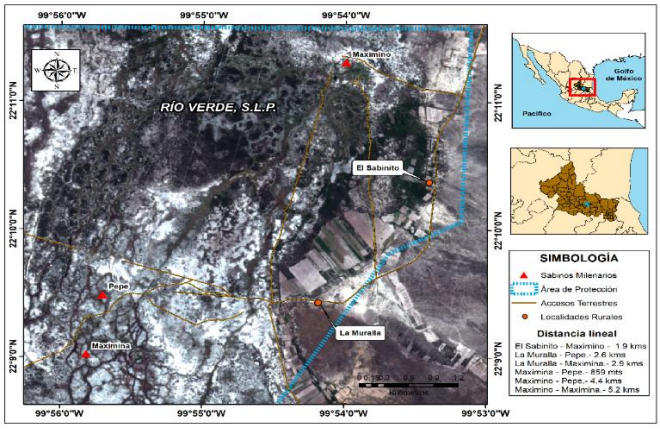


Figura 2. Ubicación geográfica de árboles milenarios distribuidos en Los Peroles y en el humedal de los Llanitos, Rioverde, SLP.

La comparación entre las series de crecimiento de los árboles más longevos en el período común 1020-2012, mostró una correlación significativa aunque baja ($r < 0.15$, $p < 0.05$, $n = 993$); no obstante, algunos períodos críticos de supresión y de liberación en crecimiento fueron comunes entre las series, lo cual indica que eventos extremos como caída en los niveles del manto freático producidos por sequías (décadas 1050,1190, 1350, 1710, 1860, 1950, 1990) o bien incrementos en los niveles derivados de lluvias copiosas en el área de recarga de la cuenca que alimenta este humedal (décadas 1060, 1220, 1440. 1660, 1830, 1960. 2010), influyeron en el incremento radial de la especie (Figura 3).

El crecimiento radial del ahuehuete respondió significativamente a la precipitación regional del período noviembre-julio ($r = 0.54$, $p < 0.01$), Por otra parte, la temperatura máxima promedio que ocurre en el período enero-mayo afecta negativamente ($r = -0.65$, $p < 0.01$, $n = 31$) el crecimiento radial de la especie, derivado de un incremento en la evaporación y abatimiento del nivel freático.

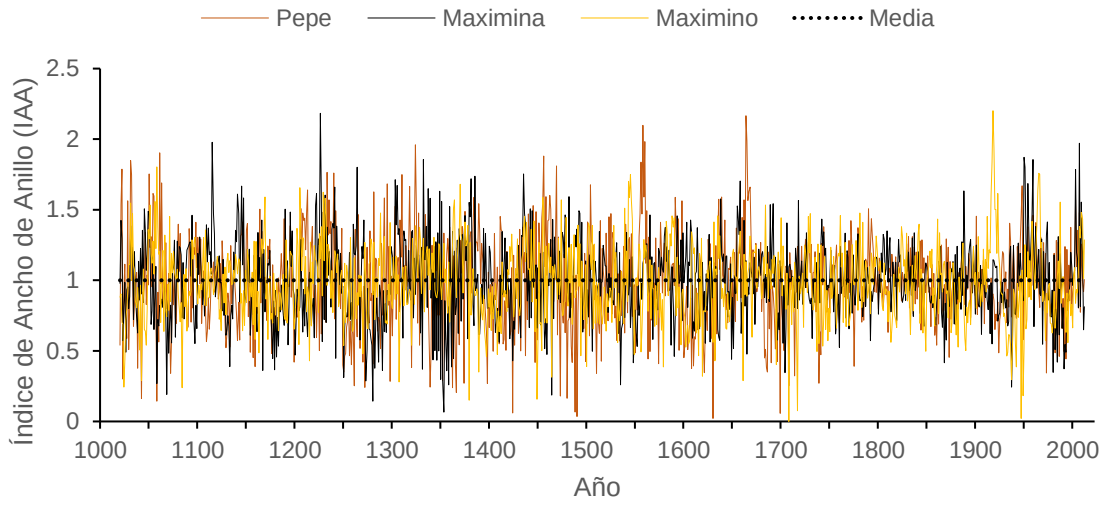


Figura 3. Comportamiento de las series de crecimiento de ejemplares milenarios de ahuehuete en el humedal Los Peroles, Rioverde, SLP.

Conclusiones

El sitio Los Peroles, San Luis Potosí es el sitio en el que dendrocronológicamente se han datado tres de los árboles más longevos de México. Los árboles de ahuehuete respondieron positivamente a la precipitación acumulada noviembre-julio y negativamente a la temperatura máxima promedio enero-mayo, por lo que una reducción en la lluvia de este período y mayores incrementos en la temperatura, ponen en riesgo la sobrevivencia de estos árboles. Las actividades actuales en el sitio incrementan este riesgo, debido al drenado del humedal para riego, incendios provocados, daño a los árboles por vandalismo, sobrepastoreo y recreo no regulado. La protección de este sitio único es de gran relevancia ecológica y social, por lo que es importante unir esfuerzos de instituciones gubernamentales y no gubernamentales para su protección.

Fuente financiadora
Proyecto CB-2016-1/283134 del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación

Referencias bibliográficas

Fritts, H.C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press. London, New York. 563 p.

Holmes, R.L. 1983. Computer-assited quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin 43: 69-78.

Martínez, M. 1963. Las pináceas mexicanas. 3º. edición. Instituto de Biología. UNAM, México, D.F. 345 p.

Stahle, D.W., Burnette, D.J., Villanueva, J., Cerano, J., Fye, F.F., Griffin, R.D., Cleaveland, M.K., Stahle, D.K., Edmondson, J.S., Wolff, K.P. 2012. Tree-ring analysis of ancient baldcypress tres and subfossil Wood. Quaternary Science Review 34: 1-15.

Villanueva-Diaz, J., Stahle, D.W., Therrell, M.D., Beramendi-Orosco, L., Estrada-Avalos, J., Martinez-Sifuentes, A.R., Astudillo-Sanchez, C.C., Cervantes-Martinez, R., & Cerano-Paredes, J. 2020. The climatic response of baldcypress (Taxodium mucronatum Ten.) in San Luis Potosi, Mexico. Trees. 34, 623-635.

PREDICCIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS DERIVADAS DE NUBES DE PUNTOS FOTOGRAMÉTRICAS

Alma Delia Ortiz-Reyes[1], Arian Correa-Díaz, Efraín Velasco-Bautista[1], Jesús V. Gutiérrez-García[1].

[1]CENID COMEF, INIFAP.

*Autora para correspondencia: ortiz.delia@inifap.gob.mx

Palabras clave: área basal, biomasa aérea, fotogrametría digital, volumen, VANT.

Introducción

La adquisición de imágenes aéreas y el uso de la fotogrametría sobre áreas forestales ha sido habitual en los marcos convencionales de inventario forestal durante décadas. Tecnologías emergentes como la fotogrametría aérea digital (FAD), en la que las imágenes digitales se procesan mediante algoritmos informáticos para proporcionar caracterizaciones tridimensionales de la estructura forestal, han demostrado ser prometedoras para mejorar la precisión de estimaciones en los inventarios forestales y la clasificación de la cobertura forestal, así como informar sobre la estructura de los rodales forestales (Tompalski et al., 2018). Del mismo modo, los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) se utilizan cada vez más para la adquisición de imágenes de alta resolución espacial para tareas operativas locales. Los bajos costos a largo plazo, la facilidad de uso y la rápida adquisición de datos son los principales factores que impulsan su adopción. La FAD ha sido utilizada principalmente en inventarios forestales a nivel de manejo, sin embargo, funciona como una herramienta complementaria en estudios más amplios, proporcionando datos adicionales de variables de interés. Por último, diversos estudios han concluido que los atributos más precisos de inventario forestal se obtienen a partir de escaneos láser, sin embargo, el rendimiento de la nube de puntos fotogramétrica puede llegar a ser comparable empleando un enfoque basado en área (White et al., 2018), sobre todo desde un punto de vista económico y funcional. En los últimos años se ha incrementado la disponibilidad de información obtenida a través de VANT's. La información procedente de estas plataformas puede apoyar, en cuanto a precisión y tiempo, las estimaciones de los inventarios forestales. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue predecir mediante modelos lineales múltiples el área basal, la biomasa aérea y el volumen en función de las métricas derivadas de información tridimensional obtenidas por FAD en un bosque bajo manejo en Chignahuapan, Puebla.

Materiales y métodos

El área de estudio se ubicó en el Ejido Emiliano Zapata, municipio de Chignahuapan, Puebla. La vegetación corresponde a un bosque templado dominado por *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. y Cham., y en menor proporción *P. ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl y *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham) (Pérez-Miranda, 2014). Se seleccionó un área dentro de la zona observacional de 100 ha del proyecto estratégico forestal "Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático" donde se realizan principalmente prácticas de manejo del Método de Desarrollo Silvícola (MDS) (Fig. 1).

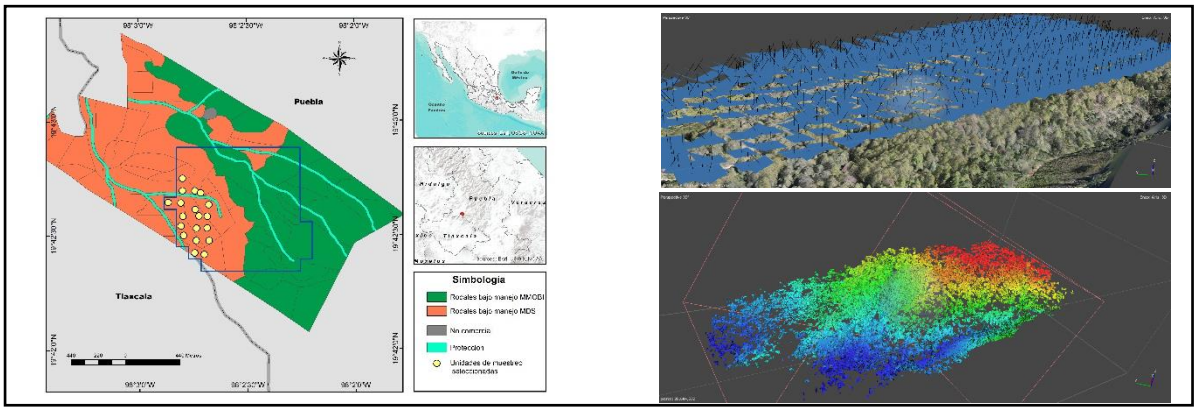


Fig. 1. Localización del área de estudio dentro del municipio de Chignahuapan, Puebla y distribución de las unidades de muestreo seleccionadas dentro de la zona observacional con respecto al área de vuelo del VANT y nube 3D.

Se utilizaron los datos de campo registrados al final de 2023 como el diámetro normal (DN) y altura total (AT) de todos los individuos ≥ 7.5 cm de DN para realizar las estimaciones de área basal (AB), biomasa aérea (BIOM) y volumen (VOL) en 102 unidades de muestreo (UM) circulares (1,000 m^2) distribuidas de manera sistemática. Para este estudio, se seleccionaron 19 UM que consideran diferentes prácticas de manejo como cortas de aclareo y de liberación.

En el caso del proceso fotogramétrico aéreo digital se ejecutó una misión de vuelo para la colección de fotografías aéreas con un dron modelo DJI Air 2S. Se registraron un total de 747 imágenes alta resolución con dos ángulos de adquisición (90° y 60°), y a través de un postprocesado en el software Agisoft metashape se creó una nube de puntos tridimensional (28 millones de puntos), así como un modelo digital del terreno (MDT). Posteriormente, se obtuvieron diferentes métricas a nivel de UM que describen la nube de puntos, mismas que se dividen en tres grupos: las descriptivas, los valores de percentiles de altura y las métricas relacionadas a la densidad del dosel (p.ej. Porcentaje de retornos por encima de la altura media). Se utilizó la librería lidR del software R para este proceso. Se identificaron las métricas de mayor correlación con las variables dasométricas de interés, a través de un análisis de correlación de Pearson (< 0.05). Se ajustaron modelos lineales múltiples para predecir las últimas en función de las primeras y este enfoque estadístico se eligió debido a su simplicidad y para evaluar el comportamiento de las métricas derivadas de FAD de una forma rápida que ya ha mostrado resultados efectivos en trabajos previos (Ortiz-Reyes et al., 2021). Los modelos siguen la siguiente estructura:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \cdots + \beta_k * X_k + \varepsilon_i$$

Donde: Y = variable forestal de interés; X_k: métricas de la nube 3D (Porcentaje de retornos por encima de la altura media, percentiles de altura); β_k: Coeficientes de regresión, ε_i = error.

El ajuste de los modelos se realizó con la función "lm" en R mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO), que suponen normalidad y heterocedasticidad. La bondad de ajuste de los modelos generados se realizó a partir del coeficiente de determinación (R^2), la raíz del error cuadrado medio (RECM) y la relación lineal entre los valores observados y predichos (r). Además, se realizó el análisis de los residuales.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los parámetros estimados para los modelos de AB, BIOM y VOL. El criterio para la selección de las variables que integraron cada modelo fue el coeficiente de determinación (R^2) y la significancia de los parámetros asociados a cada una de las variables involucradas. En general, las variables predictoras relevantes son aquellas que describen la cobertura y altura del dosel, como pzabovemean (Porcentaje de retornos por encima de la altura media) para el caso de AB y BIOM; zpcum# (Porcentaje acumulado de retornos en la X_{th} capa) y zentropy (entropía de la distribución de altura) para BIOM y VOL, y zq95 (percentil 95 de la altura) para VOL. En la Fig. 2 se observa la distribución de los residuales que, en los tres casos, presentaron una distribución que tiende a la normalidad.

Cuadro 1. Coeficientes de regresión lineal de los modelos para la predicción de variables forestales

Parámetro	AB (m^2 ha^{-1})	BIOM (Mg ha^{-1})	VOL (m^3 ha^{-1})
Intercepto	5.62***	112.14***	219.32***
pzabovezmean	-0.08**	-0.51**	
zpcum3		-0.52**	
zentropy		-56.08**	-194.27***
zpcum2			-1.12**
zq95			1.17***
R^2	0.40	0.67	0.69
RECM	0.82	3.88	7.72
r	0.66	0.85	0.86
p-value de residuales	0.90	0.99	0.95

*** p < 0.001; ** p < 0.01

La FAD a pesar de ser una alternativa de bajo costo para obtener información tridimensional, que apoya la caracterización de la estructura del bosque y la modelación de atributos de inventarios forestales, presenta algunos desafíos para obtener resultados análogos a la información generada por otros enfoques más precisos como LiDAR. El principal inconveniente es que, las nubes de puntos basadas en imágenes están

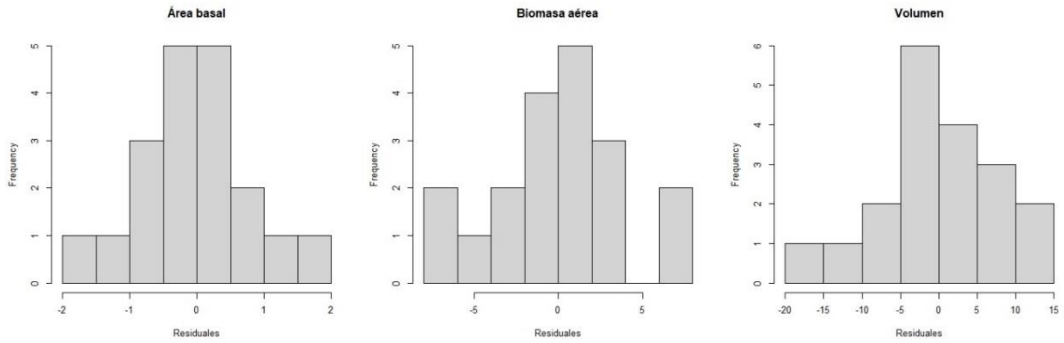


Fig. 2 Histograma de los residuales para los parámetros forestales a) área basal, biomasa aérea y volumen.

limitadas en la cantidad de información que pueden ofrecer sobre la distribución vertical dentro del dosel y que, para derivar medidas precisas de la altura del dosel, se requiere un modelo de elevación digital preexistente de alta calidad, que bajo el dosel forestal normalmente está disponible solo a partir de datos LiDAR. Sin embargo, el rendimiento de la nube de puntos fotogramétrica, puede llegar a ser comparable empleando un enfoque basado en área como lo realizado en este análisis (White et al., 2018). En donde, cada modelo está integrado por aquellas métricas usuales de altura y densidad que se han reportado en estudios similares (Ortiz-Reyes et al., 2021) o en otros tipos de vegetación como las zonas áridas (Vega-Puga et al., 2024).

Conclusiones

Se crearon modelos lineales múltiples para la predicción de tres variables forestales, área basal, biomasa aérea y volumen, en donde cada modelo se compone por las métricas usuales que describen la densidad y altura del dosel. Los modelos de biomasa aérea y volumen mostraron un rendimiento aceptable a diferencia del modelo de área basal, sin embargo, dadas las implicaciones de los datos empleados los resultados ofrecen elementos factibles para considerar su uso en apoyo a las actividades de manejo forestal. No obstante, es necesario continuar la evaluación y análisis de datos provenientes de FAD para evaluar el potencial como herramienta auxiliar en el manejo forestal.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al Ejido Emiliano Zapata por las facilidades otorgadas, al Comisariado Ejidal y técnicos forestales quienes facilitaron la información y permitieron el acceso a la zona de estudio. Los resultados se generaron en el marco del proyecto estratégico forestal “Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático”.

Referencias bibliográficas

Ortiz-Reyes, A. D., Velasco-Bautista, E., Correa-Díaz, A., & Ángeles-Pérez, G. (2021). Predicción de variables dasométricas mediante modelos lineales mixtos y datos de LiDAR aerotransportado. *e-CUCBA*(17), 88-95. https://doi.org/https://doi.org/10.32870/ecucba.vi17.213

Pérez-Miranda, R. (2014). *Efecto de la deforestación sobre la variabilidad climática en cinco bosques de coníferas. Libro Técnico Núm. 6*. CENID - COMEF. INIFAP.

Tompalski, P., Coops, N., Marshall, P., White, J., Wulder, M., & Bailey, T. (2018). Combining Multi-Date Airborne Laser Scanning and Digital Aerial Photogrammetric Data for Forest Growth and Yield Modelling. *Remote Sensing*, *10*(2), 1-21. https://doi.org/10.3390/rs10020347

Vega-Puga, M. G., Romo-León, J. R., Castellanos, A. E., Castillo-Gámez, R. A., & Garatuza-Payán, J. (2024). Uso de vehículos aéreos no tripulados para la estimación de almacén de carbono en biomasa aérea de matorral subtropical. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, *30*(2), 1-18. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2023.06.043

White, J. C., Tompalski, P., Coops, N. C., & Wulder, M. A. (2018). Comparison of airborne laser scanning and digital stereo imagery for characterizing forest canopy gaps in coastal temperate rainforests. *Remote Sensing of Environment*, *208*, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.002

HACIENDA DE PEOTILLOS, ANÁLISIS DEL CLIMA DEL PERÍODO 1863-2018 MEDIANTE ANILLOS DE CRECIMIENTO DE AHUEHUETE (*Taxodium mucronatum* Ten.)

José Villanueva-Díaz[1]*, José Manuel Zúñiga Vázquez[1], Citlalli Cabral Alemán[1], Aldo Rafael Martínez Sifuentes[1], Fátima del Rocío Reyes Camarillo[1]

[1]CENID RASPA, INIFAP

*Autor para correspondencia: villanueva.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: dendrocronología, edad, variabilidad climática

Introducción

Las haciendas en San Luis Potosí (SLP), México, jugaron un papel preponderante en la historia del estado, especialmente durante la época colonial y post-revolucionaria. Estas grandes propiedades, que fueron utilizadas con fines agrícolas y ganaderas, dieron paso a centros poblacionales y de gobierno e influyeron significativamente en la estructura social y económica de la región (Sánchez-Montiel, 2006). Una de estas haciendas es la de Peotillos, en el municipio de Villa Hidalgo, San Luis Potosí, la cual fue construida en el año de 1631. A inicios de 1860 se plantaron ahuehuetes en un espacio lateral a la hacienda, que mediante un canal conducía agua para irrigar esta y otras especies arbóreas de interés comercial. En contraste con otras haciendas de la región, Peotillos continuó su actividad productiva hasta 1945 y finalmente quedó en abandono en la década de 1970. Las actividades económicas de la hacienda de Peotillos, al estar inmersa en una región semiárida, dependían en alto grado de la disponibilidad hídrica, por lo que a lo largo de los siglos se creó una red de infraestructura hidrológica para el uso de agua subterránea y de escurrimientos, lo cual explica el esplendor económico que alcanzó este sitio y que alguna vez fue el más productivo del Altiplano Potosino (Del Castillo-Martínez, 2022). Este desarrollo, sin embargo, dependía en alto grado de la variabilidad climática, que obligó a realizar ajustes al sistema de producción a través de los siglos. De esta manera, el objetivo de este estudio fue determinar esa variabilidad mediante el desarrollo de una serie dendrocronológica de los ahuehuetes presentes en el sitio, lo cual puede contribuir a explicar las acciones implementadas para la sustentabilidad productiva de la hacienda.

Materiales y métodos

Se obtuvieron núcleos de crecimiento de 14 Individuos de ahuehuete establecidos en una sección de la hacienda de Peotillos con un taladro Pressler de 5.1 mm de diámetro interno y longitud variable. Se extrajeron dos núcleos de crecimiento por árbol a la altura del pecho (1.30 m). Las muestras fueron procesadas y datadas con técnicas dendrocronológicas convencionales; incluyendo la medición de cada crecimiento con un sistema de medición Velmex, precisión 0.001 mm. Se utilizó el programa COFECHA para verificar la calidad del datado (Holmes, 1983), mientras que la estandarización de la serie de anillo total se generó con el programa ARSTAN. La serie dendrocronológica generada se correlacionó con registros climáticos de las estaciones más cercanas al área de estudio, las cuales son Armadillo de los Infante (22.25º N, -100.66º W.) y San Nicolás Tolentino (22.25º N, -100.56º W), que cubren el período 1961-2015 o 2018 (Figura 1). La serie dendrocronológica, también se comparó con datos de precipitación reconstruida provenientes del Atlas de Precipitación de Norte América (http://drought.memphis.edu/NASPA/) y con el índice reconstruido de Severidad de Sequía de Palmer del Atlas de Sequía para México (http://drought.memphis.edu/MXDA/). Con base al coeficiente de correlación se definió si los índices de anillo total captan de manera significativa la variabilidad del clima, ya que una mayor o menor precipitación se asocia con la disponibilidad hídrica para las actividades productivas de la hacienda.

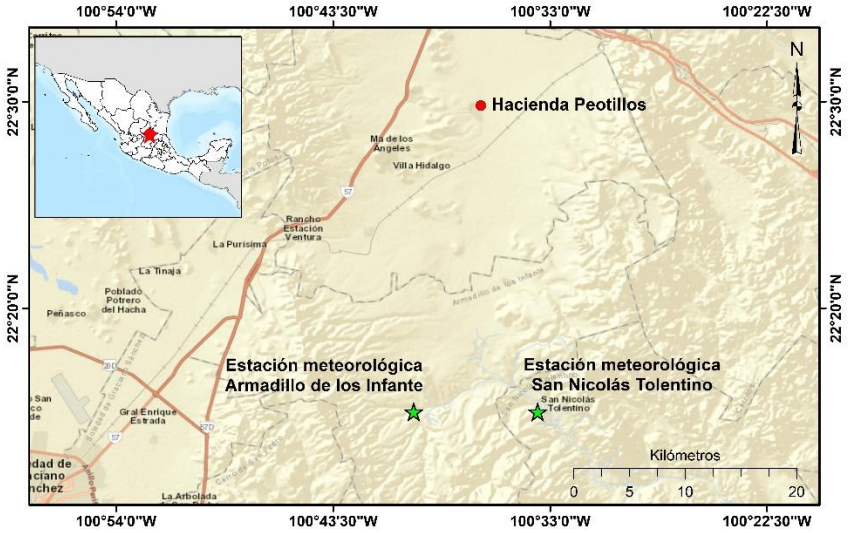


Figura 1. Ubicación geográfica de la hacienda Peotillos y estaciones climáticas más cercanas.

Resultados y Discusión

La serie dendrocronológica cubrió el período 1863-2018 (Figura 2) con una baja respuesta a la precipitación, ya que la correlación, aunque significativa con la estación climática Armadillo de los Infante fue de 0.39 ($p < 0.01$, $n = 54$) para la precipitación acumulada del período marzo-mayo. Así mismo, se encontró una correlación inferior con la estación San Nicolás Tolentino ($r = 0.30$, $p < 0.05$, $n= 54$) para la precipitación enero-abril. Al comparar la precipitación invernal instrumental reportada por el Atlas de Sequía para Norte América, la correlación fue de 0.40 ($p < 0.05$, $n = 35$). No se encontró correlación entre la serie de anillo total y precipitación de verano con ninguna de las estaciones climáticas utilizadas; mientras que, con el índice reconstruido de sequía de Palmer, la correlación fue de 0.10 ($p > 0.05$, $n = 149$).

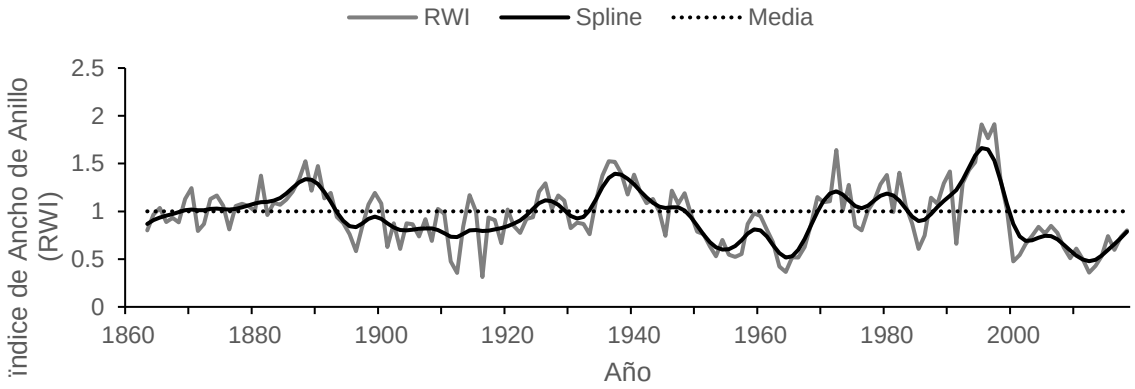


Figura 2. Cronología de anillo total de Ahuehuete del sitio hacienda de Peotillos, San Luis Potosí. La línea corresponde a los valores anuales de los índices, la línea horizontal punteada señala la media de la cronología y la obscura es una línea flexible decadal para resaltar eventos de baja frecuencia.

La escasa correlación detectada entre la serie dendrocronológica y los registros de precipitación, se atribuye a que, durante el verano, los árboles fueron regados y no detectaron las sequías ocurridas en esos períodos; por el contrario, durante la época invernal, donde se observa la mayor correlación, los ahuehuetes dependían exclusivamente de la lluvia ocurrida en este período; sin embargo, cuando la sequías se presentaban con alta intensidad y por largos períodos como las ocurridas en 1875, 1887-1896, 1904-1908,

1941, 1949 (Contreras Servín, 2016), el volumen de agua proporcionada no era suficiente y los árboles si las detectaban. Algunas sequías ocurridas a partir de 1950 hasta 2018, fueron detectadas por la serie dendrocronológica como son los años de 1968, 1985, 1991, 2000 y década más reciente (Figura 3.).
Previo a 1860, se reporta una sequía extraordinaria en 1828, que originó la muerte de 20,000 cabezas de ganado en la región, aunque las sequías más severas fueron las ocurridas entre 1875 a 1994 (Florescano y Swan, 1995).

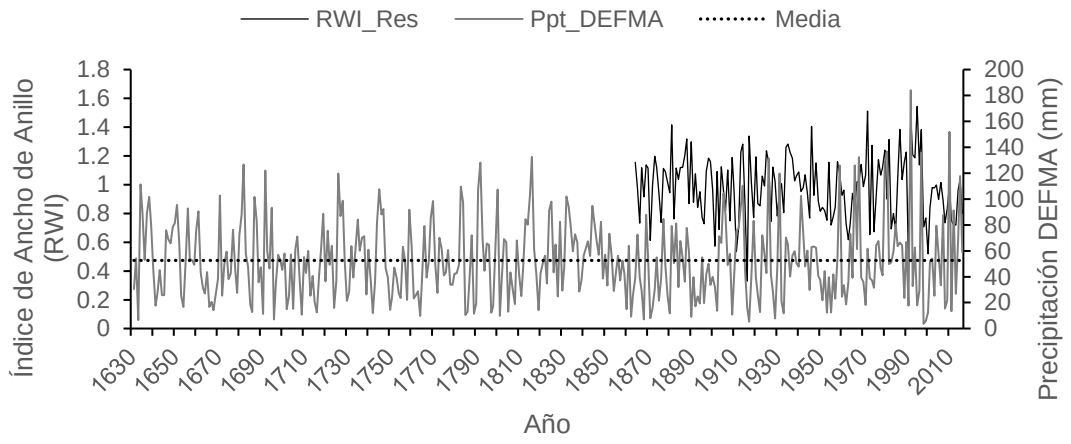


Figura 3. Relación entre la precipitación reconstruida diciembre-abril (línea en gris), período 1631-2016 (http://drought.memphis.edu/NASPA/), que cubre desde la fundación de la hacienda hasta 2018 y la serie dendrocronológica (línea obscura). La línea horizontal punteada es la media de la lluvia reconstruida.

Conclusiones

La serie de ahuehuete generada en la hacienda de Peotillos, mostró escasa correlación con los registros de lluvia disponibles para estaciones climáticas cercanas al sitio. Esta respuesta, parece haber sido influenciada por la provisión de agua de riego durante el verano; aunque en el invierno, la especie mostró asociación significativa con la lluvia ocurrida, lo que sugiere que los riegos fueron mínimos o inexistentes.
Aun con riego suplementario, la especie respondió con un crecimiento de anillos menor en sequías prolongadas y de alta intensidad y con mayor crecimiento de anillos en períodos de lluvia extraordinaria.

Fuente financiadora
Proyecto CB-2016-1/283134 del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación

Referencias bibliográficas

Contreras Servín, C. 2016. La sequía en la región norte-centro de México: 1868-1950. En Jorge A. Cañeda Gómez, C. Redding (Coord.), Historia, medio ambiente y área naturales protegidas en el norte-centro de México. Contribuciones para la ambientalización de la historiografía mexicana siglos XVIII-XXI. Colegio de San Luis, 258 p.

Del Castillo-Martínez, L.E. 2022. Los usos y control del agua en la hacienda de Peotillos, San Luis Potosí (1881-1925). Tesis de maestría en gestión sustentable del agua. El Colegio de San Luis, A.C.218 p.

Domínguez, J. 2016: Revisión histórica de las sequías en México: de la explicación divina a la incorporación de la ciencia. Tecnología y Ciencias del Agua VII (5): 77-93.

Florescano, E, Swan, S. 1995. Breve historia de la sequía en México. Xalapa, Universidad Veracruzana

Holmes, R.L. 1983. Computer-assited quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-Ring Bulletin 43: 69-78.

Sánchez Montiel, J.C. 2006. De poblados de hacienda a municipios en el altiplano de San Luis Potosí. Estudios de historia moderna y contemporánea de México: 58-81.

MODELO PARA ESTIMAR VOLUMEN TOTAL ÁRBOL DE JUNIPERUS BASADO EN MÉTRICAS DE ALTURA DE NUBE FOTOGRAMÉTRICA

Karliveth Baños-Rodríguez[1], Casimiro Ordóñez-Prado[2*], Enrique Buendía-Rodríguez[3], Adrián Hernández-Ramos[4], Jonathan Hernández-Ramos[5], Ramiro Puc-Kauil[1]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, [2]Campo Experimental (C.E.) San Martinito, INIFAP y [3]C. E. Valle de México, [4]C.E. Saltillo, [5]C.E. Bajío.

*Autor para correspondencia: ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Imágenes RGB, Random Forest, Sensores Remotos.

Introducción

Los bosques de *Juniperus* son de importancia ecológica y maderable debido a que este es el segundo más diverso en el mundo. Se conocen alrededor de 68 especies del género y alrededor de 20 taxones existen en México, en donde la mitad son endémicas (Adams, 2014). Es un taxón que forma bosquetes principalmente en la Sierra Madre Occidental y el Eje Volcánico Transversal; asimismo, existe una franja entre los municipios de Perote, Veracruz y Apizaco, Tlaxcala que en conjunto cubren importantes extensiones del territorio mexicano. En esta última entidad, *J. deppeana* está presente en asociación con *Agave atrovirens* Karw. ex Salm-Dyck, *Quercus spp*., *Arbutus glandulosa* M. Martens y Galeotti; y ocasionalmente, crece en pastizales. Dadas las crecientes necesidades de gestión forestal sostenible, es preciso contar con información detallada, actual y precisa de las características estructurales de estas masas forestales. Ante ello, el uso de drones y sensores remotos son herramientas claves para el monitoreo, ordenación, restauración, cuantificación y gestión forestal de estos bosques. Con base en lo antes descrito, se estableció el objetivo de evaluar el potencial de la nube de puntos generados fotogramétricamente para la estimación de volumen maderable a nivel de árbol individual de *Juniperus* sp. del estado de Tlaxcala, México.

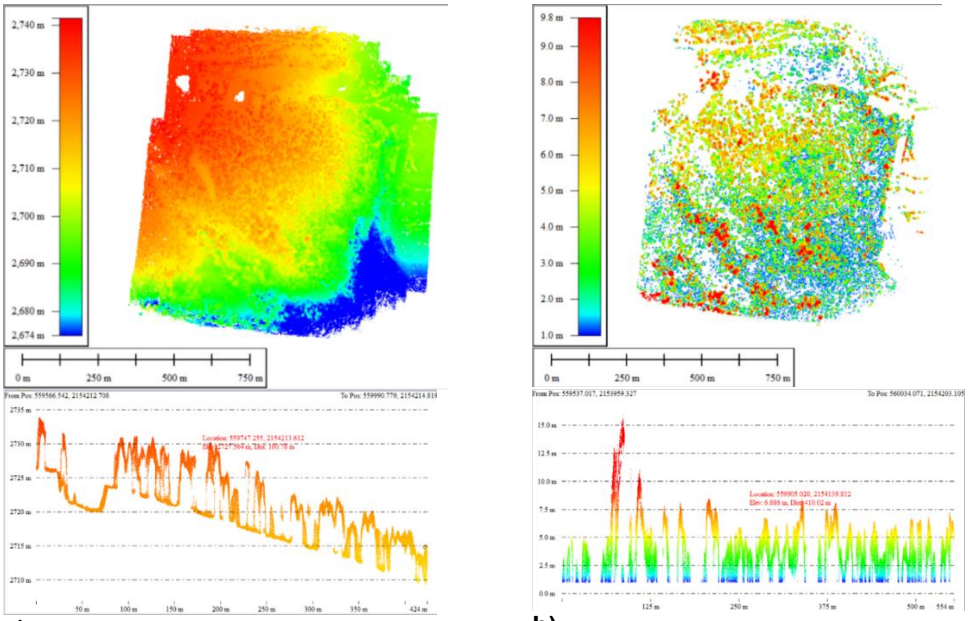
Materiales y métodos

El estudio se realizó en los bosques relictos de *Juniperus* sp. del Ejido Españita, localizado en Santa María Españita, Españita, Tlaxcala, México. Este se ubica geográficamente al poniente del estado, entre las coordenadas 19°30´00” y 19°28´40” latitud norte y 98°26´25” longitud oeste con una altitud de 2720 m (Flores-Ayala et al., 2023).

Colecta de datos: Se midió en campo directamente la altura total (*At*, m) con un hipsómetro Haglöf ECII-D y el diámetro normal (*Dn*, cm) con una forcípula Mantax Blue Marca Haglöf y el diámetro promedio de copa (*Dc*, m) de 67 árboles. Estos fueron georreferenciados con un GPS Garmin GPSMAP 86, si bien la condición abierta de este ecosistema permite una alta precisión en la ubicación, se realizó una rectificación superponiendo la ubicación de los árboles medidos en la ortofoto de alta resolución espacial (10 cm) generada con las imágenes del dron y así asegurar el adecuado co-registro de métricas de altura. Con los datos de campo se estimó el volumen total árbol (*Vt*, m^3) mediante la ecuación de volumen propuesta por Flores-Ayala *et al*. (2023).

Nube de puntos fotogramétrica: Se generó a partir de 780 fotografías aéreas tomadas con un dron DJI® Mavic 2 pro, equipado de una cámara 4k RGB (Bandas roja, verde, azul) de 20 megapíxeles y 30 fps, con sensor CMOS de ½.3”, a través de un vuelo programa a 120 m de altura y un solape frontal y lateral del 75 %. El proceso fotogramétrico se realizó en el programa OpenDroneMap™, con el cual se obtuvo una nube de puntos (en formato .las) de 47 millones de puntos tridimensionales (XYZ) con una densidad de 256 puntos por m^2 y un modelo digital del terreno (MDT) con una resolución espacial de 1 m por píxel. La nube de puntos fue normalizada utilizando el MDT mediante la librería lidR dentro del entorno RStudio (Roussel et al., 2020); en términos generales este proceso consiste en quitar la altitud del suelo al modelo digital de

superficie (MDS), lo que resulta en una nube de puntos que representa a la altura de la vegetación (Figura 1).



a) b)

Figura 1. Nube de puntos fotogramétrica de un bosque de *Juniperus* sp. a) sin normalizar y b) nube de puntos normalizada.

Ajuste de modelos: Se ajustaron tres modelos para estimar volumen maderable en función de métricas de altura de 67 árboles de juníperos. La obtención de las métricas se realizó mediante la geolocalización y radio de copa de cada árbol. Se ajustaron los modelos de regresión lineal (ML), exponencial (EXP) y Random Forest (RF). La eficiencia de los modelos y el algoritmo de regresión Random Forest fue evaluado a través del coeficiente de determinación (R^2), la raíz del cuadrado medio de error (RCME), el sesgo y el criterio de información de Akaike (AIC).

$$ML: Vol = \beta_0 + \beta_1 pzabove2 + \beta_2 zq15 + \beta_3 zq25 + \beta_4 zq30 + \beta_5 zq55 + \beta_6 zq60 + \beta_7 zq75 + \beta_8 zq85 + \beta_9 zq90 + \beta_{10} zq95$$

$$EXP: Vol = \exp(\beta_0) * zq95^{\beta_1} + \varepsilon$$

$$RF: Vol = zq90 + zmax + zq95 + zq85 + zq75 + zq65 + zq80 + zq70 + zq60 + zqmean + zentropy + zq55 + zq30 + zsd + zq50 + zq45 + zq25 + zq15 + pzabove2 + zq10 + zq35 + zq20 + zq5$$

Donde: Vol= volumen, β_i= parámetros a estimar, z son diferentes métricas de altura, la descripción de cada una de ellas se encuentran en (Roussel et al., 2020)

Resultados y discusión

El algoritmo Random Forest presentó los mejores parámetros de bondad de ajuste, con una R^2 de 0.9154, una RCME de 0.11425, un sesgo de -0.0084 y un AIC de -38.97; mientras que, para el modelo de regresión lineal múltiple se obtuvieron valores de 0.7578, 0.217, -0.000058 y 9.4146, para los mismos parámetros de ajuste**;** en cuanto al modelo exponencial, este fue el menos eficiente para estimar el volumen porque presentó valores de R^2=0.6893, una RCME de 0.2457, un sesgo de -0.0055 y un AIC de 1.2745. En la Figura 2, se presenta el análisis gráfico de los datos estimados vs los observados y el comportamiento de los residuales.

Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas como las de Ota et al. (2017) y Quiñonez-Barraza et al. (2023), quienes demostraron que, a través del modelo digital de dosel generado por VANT (vehículo aéreo no tripulado), se obtienen estimaciones precisas de variables estructurales forestales. Para el primer estudio, los autores analizaron la nube de puntos fotogramétrica de manera independiente y la combinaron

con imágenes RGB para estimar el volumen de coníferas, lo que logró una R^2 = 0.71 con la zq90 y R^2=0.80 en combinación con la banda roja del RGB. En el segundo, los autores estimaron el volumen de coníferas en función de la altura obtenida mediante el modelo digital del dosel, se reportó una R^2=0.5703 y una RMCE=0.2270, que se obtuvo mediante un modelo de regresión lineal. Las diferencias entre estos estudios pueden deberse al tipo y estructura de los bosques estudiados, ya que las nubes de puntos fotogramétricas no se comportan igual; en rodales abiertos la información 3D es más rica, ya que se co-registran valores en todo el estrato vertical del rodal (suelo, sotobosque y copa de los árboles).

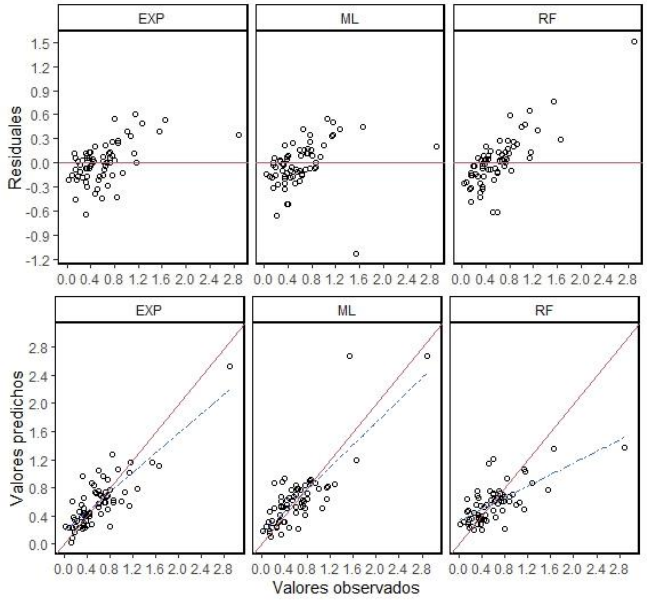


Figura 2. Se presenta la distribución de los residuales y la relación de los valores observados vs. valores predichos de los modelos seleccionados; EXP= modelo exponencial, ML=modelo lineal y RF=Random Forest.

Conclusiones

Mediante la utilización de la nube de puntos generados fotogramétricamente se logró estimar el volumen maderable en árboles individuales de *Juniperus sp.* del estado de Tlaxcala con una precisión de 91.54 %. Los modelos enfatizan que la utilización de información obtenida mediante dron equipado con una cámara RGB sirve para la estimación de volumen en bosques de *Juniperus*.

Referencias bibliográficas

Adams, R. P. (2014). Junipers of the world: the genus *Juniperus*. Trafford Publishing.

Flores-Ayala, E., Pineda Ojeda, T., Hernández Ramos, J., Buendía Rodríguez, E., Flores, A., & Guerra de la Cruz, V. (2023). Modelos para determinar las relaciones alométricas en *Juniperus deppeana* Steud. en el estado de Tlaxcala. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 14(80), 30-53. https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i80.136

Ota, T., Ogawa, M., Mizoue, N., Fukumoto, K., & Yoshida, S. (2017). Forest structure estimation from a UAV-based photogrammetric point cloud in managed temperate coniferous forests. *Forests*, 8(9), 343. https://doi.org/10.3390/f8090343

Quiñonez-Barraza, G., Pompa-García, M., Vivar-Vivar, E. D., Gallardo-Salazar J. L., Hernández, F. J., Rodríguez-Flores, F. D. J., Hernández-Diaz J. C. (2023). Modeling biometrie attributes from tree height using unmanned aerial vehicles (UAV) in natural forest stands. *Ingeniería e Investigación*, 43(2), 1. https://doi.org/10.15446/ing.investig.98945

Roussel, J. R., Auty, D., Coops, N.C., Tompalski, P., Goodbody, T. R., Meador, A. S., Achim, A. (2020). lidR: An R package for analysis of Airborne Laser Scanning (ALS) data. *Remote Sensing of Environment*, 251, 112061. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112061

REGIMENES DE INCENDIOS EN LA RESERVA TUTUACA Y SU CAMBIO A TRAVÉS DEL TIEMPO

Julián Cerano-Paredes[1]*, Rosalinda Cervantes-Martínez[2], Arian Correa-Díaz[3], Gerardo Esquivel-Arriaga[1], José Villanueva-Díaz[1]
[1]CENID RASPA, INIFAP; [2]Departamento Forestal, UAAAN; [3]CENID COMEF, INIFAP

*Autor para correspondencia: cerano.julian@inifap.gob.mx

Palabras claves: Cicatrices de incendios, Bosque, Chihuahua

Introducción

Alrededor del mundo existen diferentes tipos de vegetación, rangos climáticos y características socioeconómicas que propician la ocurrencia de diferentes patrones de incendios, conocidos como regímenes de incendios (Chuvieco et al., 2008). El régimen del fuego se puede definir como, los efectos del fuego sobre la vegetación, el suelo y la atmósfera, los cuales están estrechamente asociados con características tales como: densidad, frecuencia, severidad, intensidad, estacionalidad, tamaño, entre otras (Morgan et al., 2001).
Uno de los temas más interesantes en la investigación de incendios en los ecosistemas forestales es, poder analizar los impactos ecológicos de los regímenes actuales y si estos son naturales o han sido alterados (Running, 2006). Información relevante para el manejo y conservación de los bosques, buscando mantener los servicios ambientales que brindan a la sociedad. La ciencia denominada dendropirocronología, rama de la dendrocronología, emplea las cicatrices registradas en el fuste de los árboles para analizar la historia y dinámica temporal del fuego (Grissino-Mayer, 2001). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajó fue, emplear la dendropirocronología para lograr reconstruir los regímenes del fuego en el Área de Protección de Flora y Fauna “Tutuaca” (APFF) en el estado de Chihuahua y determinar si hay un cambio en su frecuencia en décadas recientes como consecuencia de los cambios en las condiciones climáticas o de manejo.

Materiales y métodos

En una superficie aproximada de 50 ha de bosque mixto en el APFF “Tutuaca”, se empleó un muestreo selectivo, con el objetivo de ubicar árboles con registros de incendios claros y tocones con madera sólida, se lograron ubicar 71 árboles con registros de cicatrices de incendios (Figura 1a). Se removieron 71 muestras, se extrajo una sección mínima de madera con el registro de cicatrices de incendios de árboles vivos y secciones transversales de árboles muertos (caídos y tocones), ambos con el apoyo de una motosierra (Figura 1b). Se enfatizó la toma de secciones en árboles muertos para dañar en lo mínimo árboles vivos (Baisan y Swetnam, 1990).

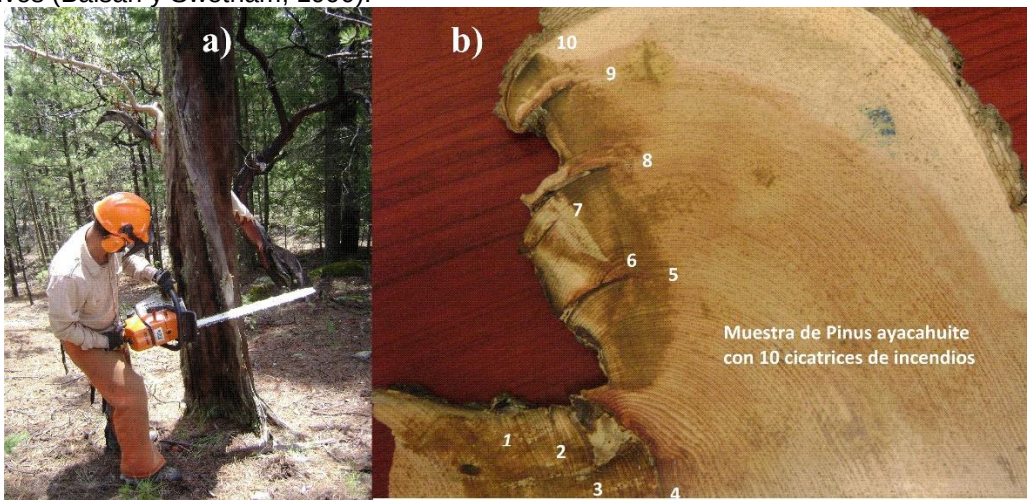


Figura 1. (a) Toma de muestra con cicatrices de incendios y (b) sección pulida que permite contar los crecimientos anuales y ubicar las cicatrices en el anillo específico.

Se consideraron los individuos con el mayor número de cicatrices (registros de incendios, Figura 1b), lo mejor preservados en el caso de arbolado muerto y lo más longevos posible (Cerano-Paredes et al., 2020). Cada una de las muestras se procesó, analizó y fecho con base en técnicas dendrocronológicas (Stokes y Smiley, 1996; Cerano-Paredes et al., 2020). Los intervalos medios de frecuencia de incendios (IMF) fueron analizados con el software FHX2 y se determinó la estación de ocurrencia de los incendios con base a la posición de la cicatriz dentro del anillo de crecimiento (Grissino-Mayer, 2001).

Resultados y discusión

De las 71 secciones con cicatrices de incendios colectadas, se logró fechar el 90% (64) de las muestras e identificar 697 cicatrices de incendios. Se reconstruyó la frecuencia histórica del fuego para los últimos 422 años (1594-2015) (Figura 2). El 79% de los incendios se registró en primavera y 21% en verano (Cuadro 1). Durante los últimos cuatro siglos, los incendios han sido frecuentes en los bosques mixtos del APFF "Tutuaca", con un IMF de 4 a 5 años al considerar los incendios de baja y mediana intensidad. Resultados similares de IMF se han reportado para otras áreas en el APFF (Fulé et al., 2005).

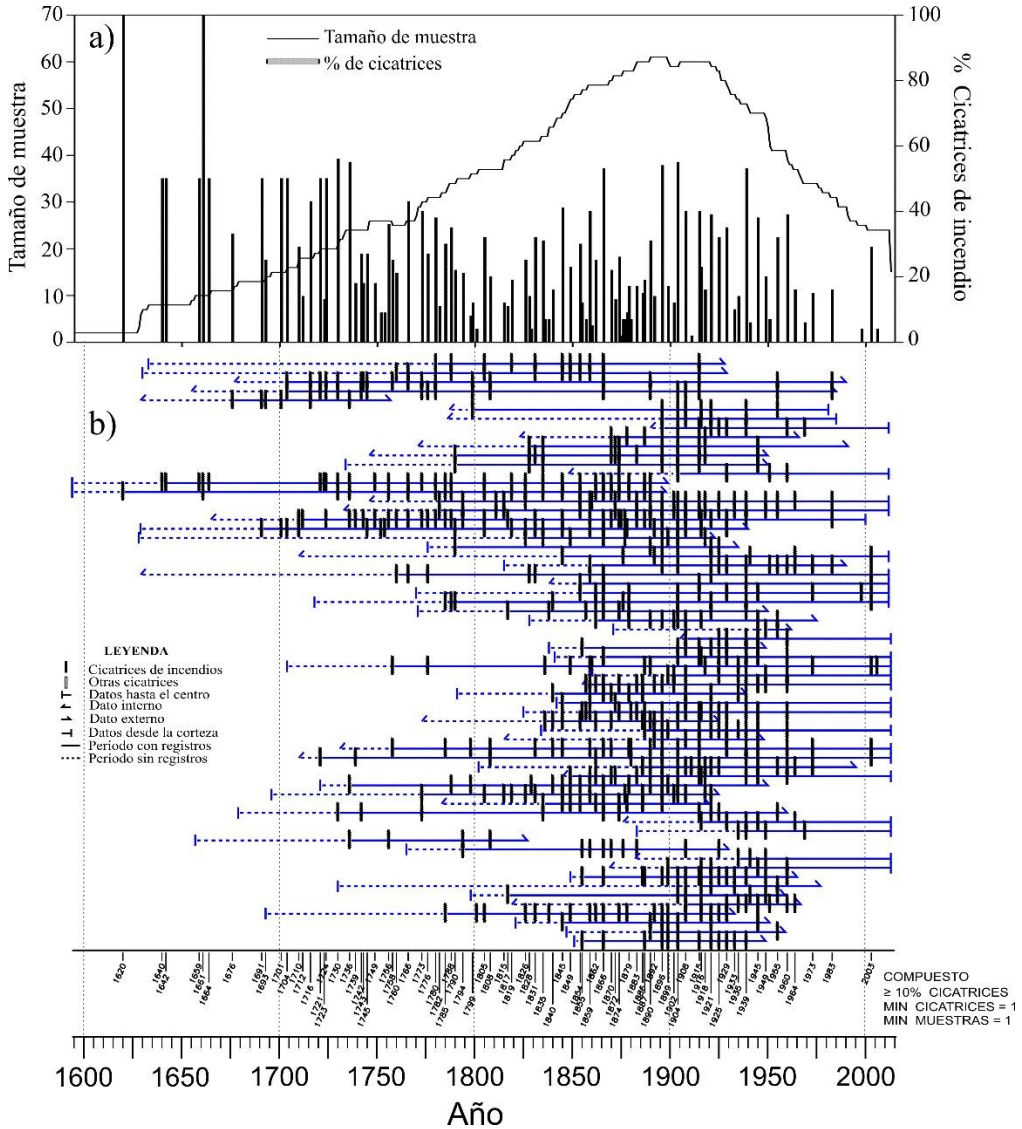


Figura 2. Porcentaje de árboles con cicatrices de fuego por año y tamaño de muestra (a). Historia de incendios en el Área de Protección de Flora y Fauna "Tutuaca" en el estado de Chihuahua (b). Las líneas horizontales de color azul representan cada uno de los árboles y las líneas verticales de color negro

cada una de las cicatrices de incendios identificadas. A medida que cada una de estas líneas negras se torna más continua, indica incendios más extensos.

Posterior al año 1973, se observó un cambio en la frecuencia de incendios, disminución de la frecuencia atribuido al manejo regulado (Figura 2). Para cerro Mohinora en Chihuahua, se reportan períodos de exclusión posterior a 1970 (Cerano-Paredes et al., 2005) y posterior a 1950 para diferentes sitios en esta misma área de conservación (Fulé et al., 2005). Este cambio en las últimas décadas, representa un riesgo de incendios más severos, que pudieran remplazar rodales por completo. Se recomienda implementar prácticas de manejo silvícolas para disminuir el riesgo de eventos de este tipo, principalmente ante los escenarios de cambio climático.

Cuadro 1. Categorización de la época de ocurrencia de los incendios (cicatrices). D, dormancia. EE, ME y LE, Inicio, mitad y final de la madera temprana, respectivamente. L, madera tardía.

Sitio TUT	Total	Estación determinada	Estación no determinada	D	EE	ME	LE	L	Incendios primavera	Incendios verano
Cicatrices	697	601	96	0	471	125	5	0	471	130
Porcentaje	100	86.2	13.8	0	78.4	20.8	0.8	0	78.4	21.6

Conclusiones

La historia del fuego en el APFF “Tutuaca” durante los últimos 400 años muestra que, los incendios han sido frecuentes en estos bosques y que el ecosistema ha estado adaptado al fuego con frecuencias de 4 a 5 años. Sin embargo, en las últimas décadas, se determinó un cambio en la frecuencia, menor o casi nula ocurrencia de incendios (posterior a 1973), alteración que representa un riesgo de incendios más severos ante la acumulación de combustibles. Se recomienda implementar prácticas de manejo silvícolas para disminuir el riesgo de eventos de este tipo, principalmente ante los escenarios de cambio climático.

Agradecimientos y Fuente financiera

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el financiamiento a través del Proyecto Fiscal **“Reconstrucción de regímenes históricos de incendios forestales en México: Ecología del fuego para el manejo forestal sustentable”** con número de SIGI: **1123336382**.

Referencias bibliográficas

Cerano-Paredes, J., Iniguez, J. M., Villanueva-Diaz, J., Cervantes-Martinez, R., Cambrón-Sandoval, V. H., Estrada-Arellano, J. R., Esquivel-Arriaga, G., Franco-Ramos, O., Vázquez-Selem, L. & Cardoza-Martínez, G. F. 2020. Using tree-rings to reconstruct fire history information from forested areas. *Journal of Visualized Experiments. 164: e61698.*,*164*, e61698.

Chuvieco, E., Giglio, L. & Justice, C. 2008 Global characterization of fire activity: toward defining fire regimes from Earth observation data. *Glob. Chang. Biol*. **14**, 1488–1502. (doi:10.1111/j.1365-2486.2008.01585.x)

Fulé, P. Z., Villanueva-Díaz, J. & Ramos-Gómez, M. 2005. Fire regime in a conservation reserve in Chihuahua, Mexico. *Canadian Journal of Forest Research*,*35*(2), 320-330.

Grissino-Mayer, H. D. 2001. FHX2-software for analyzing temporal and spatial patterns in fire regimes from tree rings. Tree-Ring Research 57: 115-124.

Morgan, P., Hardy, C. C., Swetnam, T.W., Rollins, M.G. & Long, D.G. 2001. Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine scale fire patterns. International Journal of Wildland Fire, 10, 329–342.

ECUACIONES ADITIVAS PARA ESTIMAR PESO VERDE DE BIOMASA AÉREA DE LA PALMA *Brahea dulcis* EN COMUNIDADES INDÍGENAS DEL SEMIARIDO POBLANO

Juan Carlos Tamarit-Urias[1*], Casimiro Ordóñez-Prado[1], Adrián Hernández-Ramos[2], Enrique Buendía-Rodríguez

[1]Campo Experimental San Martinito, INIFAP; [2]Campo Experimental Saltillo, INIFAP, [2]Campo Experimental Cevamex, INIFAP.

*Autor para correspondencia: tamarit.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: aprovechamiento de *velilla*, inventario no maderable, modelos alométricos.

Introducción

El grupo de palmas de la familia *Arecaceae* en zonas semiáridas de diferentes continentes han contribuido por siglos a la economía local y al autoconsumo de comunidades indígenas. Según la zona geográfica y las características de cada especie de palma, se puede aprovechar el tallo, peciolos, hojas maduras o inmaduras, frutos e inflorescencias (Pulido y Coronel-Ortega, 2015). Esta situación hace que tenga alta importancia cultural y sobresalga como un relevante producto forestal no maderable (PFNM) (Tamarit-Urias *et al*. 2025). En localidades indígenas de la zona semiárida de Puebla, México, bajo un esquema de usos y costumbres y de economía familiar, se aprovecha la hoja inmadura y plegada localmente conocida como *velilla* o cogollo de la palma *Brahea dulcis* (Kunth) Mart. (palma dulce, sombrero, blanca o soyate). La velilla se usa para elaborar artesanías, cestería, artículos religiosos y navideños, figuras, entre otros. En el manejo de esta especie solo se aplica conocimiento empírico que, combinado con una alta demanda por intermediarios que comercializan la *velilla*, en algunos casos, se pone en riesgo la producción sostenida en el tiempo de este PFNM. El aprovechamiento comercial ordenado de hojas de palma está regulado por el Artículo 40 de la Ley General de Vida Silvestre y el Artículo 37 de su Reglamento, también por el artículo 84 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, su reglamento y la Norma Oficial Mexicana NOM-006-SEMARNAT-1997 (López *et al*., 2021). Se establece que es requisito elaborar un estudio técnico justificativo para la planeación de la gestión forestal de este PFNM, mismo que se somete a autorización por la SEMARNAT. Bajo este escenario, un aspecto clave que limita cumplir con los principios normativos y técnicos para aprovechar la *velilla* en Puebla, es la limitada disponibilidad de ecuaciones alométricas que estimen el peso verde de la *velilla* de *B*. *dulcis*, mismas que son la herramienta biométrica básica para realizar inventarios de biomasa mediante muestreos, los cuales se orientan a determinar las existencias y las posibilidades de extracción de este importante PFNM. Con base a lo expuesto, se planteó el objetivo de generar expresiones alométricas en forma de un sistema de ecuaciones aditivas para estimar el peso verde por componente estructural y total de la biomasa aérea en especímenes individuales comerciales de la palma *Brahea dulcis* en dos comunidades indígenas de la región semiárida del estado de Puebla, México.

Materiales y Métodos

En las comunidades indígenas de San Miguel Ayotla y Teopantlán de la región semiárida de Puebla, México, se colectó una muestra de 79 ejemplares maduros productores de velilla comercial de la palma *B*. *dulcis*. La muestra representó los intervalos en altura total (AT; m) y diámetro de copa (DC; m) presentes en la población de palmas de porte bajo agrupadas en *manchoneras*, que corresponden a agregados de tallos reproducidos asexualmente, las cuales son las únicas que se usan para la extracción de *velilla*. A cada ejemplar se le midió en pie la AT desde el nivel del suelo hasta el ápice de la hoja más alta, se determinó el DC como el promedio del ancho de copa medido en las orientaciones N-S y E-O. Enseguida, cada espécimen se derribó, seccionó, separó y registró el peso verde en sus componentes estructurales tallo, peciolos, hojas verdes y velilla (PT, PP, PHV y PV; kg). El peso verde total (PVT) por espécimen se obtuvo sumando los pesos verdes de sus componentes. Con las variables dependientes del peso verde por componente y total e independientes (AT y DC), se conformó una base de datos. Se calcularon los estadísticos descriptivos básicos de las variables (Cuadro 1) y se determinó la contribución porcentual media del peso de cada componente al PVT. Se construyeron y ajustaron cinco sistemas de ecuaciones aditivas (SEA) para estimar el peso verde por componente y total. El modelo base fue la expresión

alométrica potencial no lineal $Y = e^{\alpha} \cdot X^{\beta}$, donde Y es el peso verde de la biomasa por componente, X es la variable independiente simple o combinada (AT, DC, DC^2, AT·DC, AT·DC^2), α y β son parámetros para estimar por componente y *e* es la función exponencial. Los parámetros se determinaron con el método generalizado de momentos que corrige la heterocedasticidad y cumple la propiedad de aditividad (Wang *et al*., 2018). Para evaluar la calidad de ajuste y seleccionar el mejor SEA se consideró la significancia de los parámetros estimados ($p < 0.05$), el valor más alto del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}), el menor valor de la raíz del cuadrado medio del error (RCME), además de un análisis gráfico de los valores observados y predichos *versus* las variables predictoras, en donde la línea promedio que estimó cada SEA se sobrepusiera de mejor manera a la tendencia observada del peso por componente y total. Los ajustes se efectuaron con el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute, 2011) y el procedimiento Model.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos básicos de las variables analizadas para la palma *Brahea* dulcis.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	DE	CV	Varianza
Altura total (AT, m)	0.70	2.33	1.62	0.40	24.67	0.16
Diámetro de copa (DC, m)	0.30	2.46	1.37	0.47	34.49	0.22
Peso verde del tallo (PT, kg)	0.05	7.16	2.11	1.95	92.25	3.79
Peso verde del peciolo (PP, kg)	0.01	1.58	0.42	0.29	69.57	0.09
Peso de hojas verdes (PHV, kg)	0.12	3.02	0.99	0.59	60.03	0.35
Peso verde de la velilla (PV, kg)	0.04	0.93	0.34	0.17	50.98	0.03
Peso verde total (PVT, kg)	0.21	10.06	3.79	2.52	66.43	6.34

DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación.

Resultados y Discusión

En promedio el tallo, los peciolos, las hojas verdes y la velilla aportan el 54.67, 10.88, 25.62 y 8.83 % respectivamente, al peso verde de la biomasa aérea total por ejemplar. De los diferentes SEA evaluados, el mejor correspondió a la variable predictora combinada $\mathrm{AT} \cdot \mathrm{DC}$, por lo que se seleccionó para recomendar su uso práctico en la realización de inventarios del peso de biomasa de hojas verdes y *velilla* de *B*. *dulcis* en la zona de estudio. Ambas variables son fáciles y rápidas de medir. Los valores de los parámetros estimados y estadísticos de ajuste de tal SEA se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros estimados y estadísticos de ajuste del SEA seleccionado para estimar el peso verde de la biomasa aérea por componente estructural y total de especímenes de la palma *Brahea dulcis*.

Componente	Parámetro	Estimador	EE	Valor de t	Pr > |t|	Ec	RCME	R^2_{adj}
Tallo	α_0	0.616608	0.0809	7.62	<0.0001	PT	1.3462	0.5217
	β_0	1.301479	0.1226	10.62	<0.0001	PP	0.1467	0.7482
Peciolo	α_1	-1.947300	0.1190	-16.36	<0.0001	PHV	0.3790	0.5924
	β_1	1.233518	0.1034	11.92	<0.0001	PV	0.1209	0.5151
Hojas verdes	α_2	-0.751990	0.1050	-7.16	<0.0001	PVT	1.3256	0.7227
	β_2	0.891015	0.0994	8.96	<0.0001			
Velilla	α_3	-1.605980	0.0968	-16.59	<0.0001			
	β_3	0.651623	0.0846	7.70	<0.0001			

EE: Error estándar, Ec: Ecuación del SEA. El resto como antes fue definido.

Los parámetros del SEA fueron significativos ($p < 0.05$) y explica el 72.27 % de la variabilidad observada para el PVT. La estructura matemática del SEA seleccionado y el comportamiento gráfico de los valores estimados y observados frente a la variable predictora ($\mathrm{AT} \cdot \mathrm{DC}$) para el PVT se presentan en la Figura 1.

- Peso de la biomasa verde del tallo (PT):

$$\mathrm{PT} = 0.616608 \cdot (\mathrm{AT} \cdot \mathrm{DC})^{1.301479}$$

- Peso de la biomasa verde de peciolos (PP):

$$\mathrm{PP} = e^{-1.947300} \cdot (\mathrm{AT} \cdot \mathrm{DC})^{1.233518}$$

- Peso de la biomasa de hojas verdes (PHV):

$$\mathrm{PHV} = e^{-0.751990} \cdot (\mathrm{AT} \cdot \mathrm{DC})^{0.891015}$$

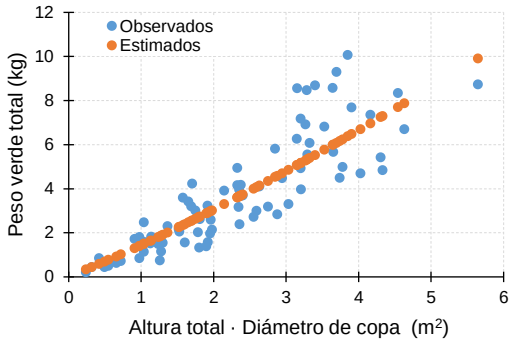
- Peso de la biomasa de velilla (PV):

$$\mathrm{PV} = e^{-1.605980} \cdot (\mathrm{AT} \cdot \mathrm{DC})^{0.651623}$$

- Peso de la biomasa verde total (PVT):

$$\mathrm{PVT} = \mathrm{PT} + \mathrm{PP} + \mathrm{PHV} + \mathrm{PV}$$

Siendo *e* la función exponencial.



(a) (b)

Figura 1. (a) Estructura matemática del SEA seleccionado para estimar el peso verde de la biomasa aérea en especímenes comerciales de *Brahea dulcis*; (b) comportamiento gráfico de los valores estimados por el SEA y observados frente a la variable AT·DC para el PVT.

La estructura matemática del SEA seleccionado en este estudio es similar al que seleccionaron Tamarit-Urias *et al*. (2025) para estimar el peso verde de la biomasa aérea de *B*. *dulcis* en la comunidad indígena de Teopantlán (R^2_{adj} de 0.6972 para el PVT). En tanto, las variables AT y DC también fueron identificadas como las mejores por López *et al*. (2021) en un SEA lineal para el mismo propósito en el estado de Guerrero (R^2_{adj} de 0.761 para el PVT). Usar la variable combinada $\mathrm{AT} \cdot \mathrm{DC}$ es mejor que usarlas individualmente.

Conclusiones

Se generó un sistema de ecuaciones aditivas que estima el peso verde de la biomasa aérea por componente estructural y total para especímenes individuales de la palma *Brahea dulcis* en dos comunidades indígenas de la zona semiárida de Puebla, México. En este sistema la variable predictora es la combinación de la altura total por el diámetro de copa. El sistema permitirá realizar inventarios del peso de la *velilla* para el aprovechamiento normado por la SEMARNAT, por lo que se podrá gestionar la autorización para la extracción regulada y sostenible de este importante producto forestal no maderable.

Agradecimientos y fuente financiadora

A las comunidades indígenas de San Miguel Ayotla y Teopantlán en Puebla, México por permitir la colecta de ejemplares de la palma *Brahea dulcis*.

Referencias bibliográficas

López, S. P. M., Hernández, R. A., Méndez, G. J., Martínez, S. M., Aguirre, C. O., Vargas, L. B., & Corral, R. J. J. 2021. Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Brahea dulcis* en el estado de Oaxaca y Guerrero. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, México. 34 p. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/708768/Mejores_practicas_de_Brahea_dulcis__Versi_n_2_.pdf

Pulido, M. T., & Coronel-Ortega, M. 2015. Ethnoecology of the palm *Brahea dulcis* (Kunth) Mart. in central Mexico. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 11, 1. https://doi.org/10.1186/1746-4269-11-1

SAS Institute Inc., 2011. SAS/ETS 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Tamarit-Urias, J. C., A. Hernández-Ramos, C. Ordóñez-Prado, J. Hernández-Ramos & Buendía-Rodríguez E. 2025. Sistemas de ecuaciones aditivas para inventarios de biomasa aérea de la palma *Brahea dulcis* (Kunth) Mart. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. En prensa.

Wang, J., Zhang, L., & Feng, Z. (2018). Allometric equations for the aboveground biomass of five tree species in China using the generalized method of moments. *The Forestry Chronicle*, 94(3), 214-220. https://doi.org/10.5558/tfc2018-034

PREDICCIÓN ESPACIALMENTE EXPLÍCITA DE BIOMASA AÉREA EN UN BOSQUE TEMPLADO BAJO MANEJO EN PUEBLA

Alma Delia Ortiz-Reyes[1], Efraín Velasco-Bautista[1], Jesús Valentín Gutiérrez-García[1].

[1]CENID COMEF, INIFAP.

*Autora para correspondencia: ortiz.delia@inifap.gob.mx

Palabras clave: GEE, Manejo forestal, Random Forest, SAR, Sentinel-2.

Introducción

En el contexto del cambio climático, los ecosistemas forestales cumplen con una función importante al absorber las emisiones de carbono que se producen en el mundo. Dicha función ha sido amenazada por las perturbaciones que suceden en los bosques y que han alterado su capacidad de absorber carbono. La biomasa forestal es una variable importante para evaluar la capacidad de secuestro de carbono y su balance en los ecosistemas forestales (Pan et al., 2024). La estimación precisa de la biomasa forestal es especialmente importante para estudiar el ciclo del carbono y esta puede verse favorecida por datos derivados de sensores remotos, métodos de aprendizaje automático como Random Forest y plataformas basadas en la nube para el procesado y análisis geoespacial como Google Earth Engine (GEE). La información procedente de estas plataformas puede apoyar, en cuanto a precisión y tiempo, la predicción espacialmente explícita de biomasa aérea. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue predecir espacialmente la biomasa aérea en función de información espectral de imágenes Sentinel 2, la banda L de ALOS PALSAR e información del terreno, mediante el algoritmo Random Forest, en un bosque bajo manejo en Chignahuapan, Puebla.

Materiales y métodos

El área de estudio se ubica en el Ejido Emiliano Zapata, municipio de Chignahuapan, Puebla. La vegetación corresponde a un bosque templado dominado por *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. y Cham., y en menor proporción *P. ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl y *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham) (Pérez-Miranda, 2014). Se consideró una zona observacional de 100 ha, dentro de la superficie bajo manejo forestal del Ejido, en la cual se han llevado a cabo prácticas de manejo del Método de Desarrollo Silvícola (MDS) y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) (Fig. 1).

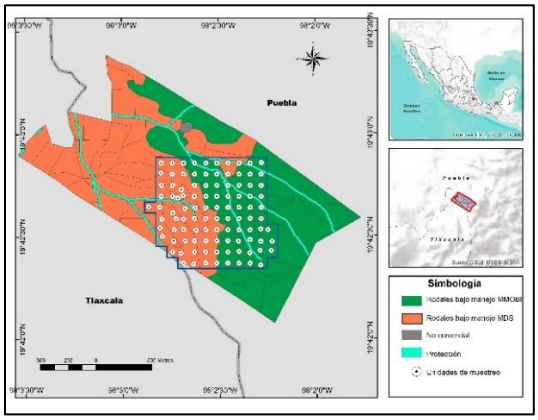


Fig. 1. Localización del área de estudio dentro del municipio de Chignahuapan, Puebla y distribución de las unidades de muestreo en la zona observacional.

Se utilizaron los datos de campo registrados al final de 2023 como el diámetro normal (DN) y altura total (AT) de todos los individuos ≥ 7.5 cm de DN. Para realizar las estimaciones biomasa aérea (BIOM) se utilizaron las ecuaciones alométricas desarrolladas previamente en la zona de estudio o en la región. Para aquellas especies que no tenían ecuación de biomasa se usó el modelo de volumen (reportados en el Programa de Manejo Forestal Maderable del Ejido) y el valor de densidad de la madera. El análisis se realizó en la plataforma GEE, el cual inició con la búsqueda de imágenes Sentinel-2 con menos del 10 % de nubosidad en la zona de estudio para el periodo mayo – octubre 2023, lo que resultó en 28 imágenes

disponibles. Se les aplicó una máscara de sombra y nubes, y un reductor que calcula la mediana en el conjunto de imágenes filtradas. A partir de dicho conjunto se calculó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), que junto con las bandas 2, 3, 4, 8, 11 y 12 conformaron el conjunto de datos espectrales. Adicionalmente, se extrajeron las polarizaciones HH y HV del mosaico anual Alos Palsar 2023, se aplicó un filtro de media morfológica para reducir el speckle o moteado de las imágenes y se convirtieron sus valores a decibeles usando el factor de calibración para Palsar (-83). De la misión Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) se extrajo la variable topográfica: elevación para finalmente contar con un conjunto de 10 variables auxiliares derivadas de percepción remota (B2, B3, B4, B8, B11, B12, NDVI, Elevación, HH y HV). Por otro lado, la información de densidad de biomasa aérea de cada unidad de muestreo (102 para la zona de estudio) se dividió en un conjunto de datos de entrenamiento con 70 % de las unidades que se entrenaron con la información espectral, de Alos Palsar y del terreno y 30 % restante se utilizó como el conjunto de validación. Se entrenó el clasificador Random Forest en su modo “regresión” basados en los siguientes parámetros: ntree = 30 árboles de decisión, mientras que mtry se estableció como su valor default (la raíz cuadrada del número total de variables como el número de variables usado en cada división del nodo), lo anterior con el fin de mejorar la capacidad predictiva de la regresión y limitar el sobreajuste. Como último paso se calculó la raíz del error cuadrado medio para el conjunto de entrenamiento y validación, así como la importancia de las variables para el conjunto de datos empleado.

Resultados y discusión

En la Figura 2 a) se muestra la distribución espacial de la biomasa aérea predicha dentro de la plataforma GEE, resultado del procesamiento de diversas fuentes de datos. Se observó un intervalo de valores entre 10 y casi 24 Mg ha^{-1} (media = 16.12 Mg ha^{-1} y desviación estándar= 2.62 Mg ha^{-1}). La variabilidad de la distribución espacial de la biomasa aérea coincide con las diferentes prácticas de manejo que se aplican en la zona de estudio.

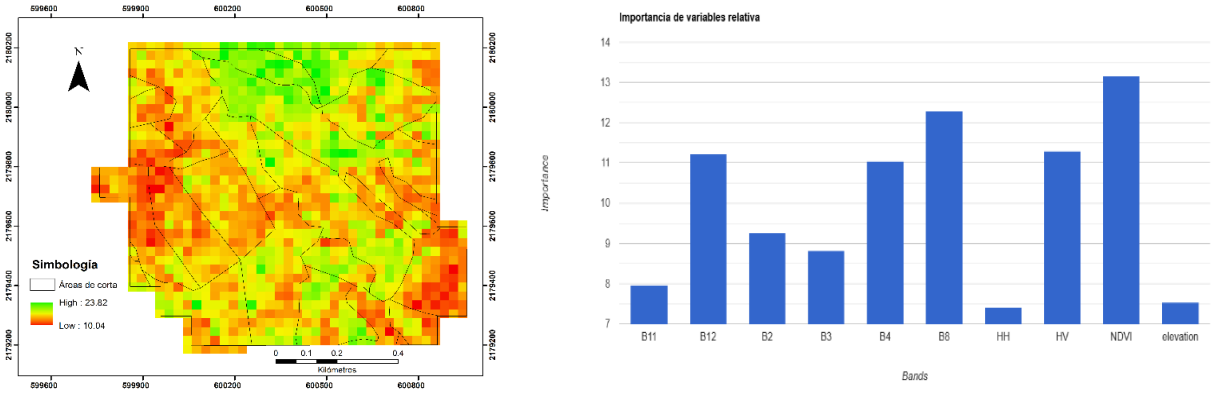


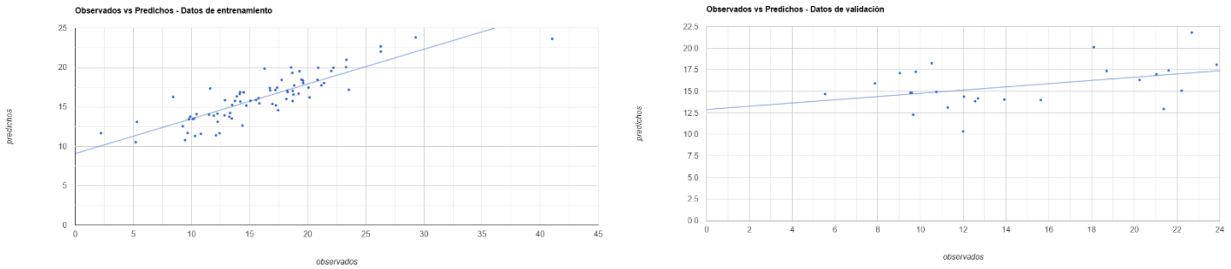
Figura 2. a) Distribución espacial de la biomasa aérea en la zona de estudio; b) Gráfica de importancia de variables.

Con respecto a la gráfica de importancia relativa de variables (Figura 2 b), los resultados de este trabajo muestran que el NDVI, las bandas B8, B12 (Infrarrojo cercano e Infrarrojo de onda corta 2) y la polarización HV (Horizontal-Vertical) de Alos Palsar fueron las variables más importantes en el modelo entrenado para predecir biomasa aérea. Las puntuaciones indican en qué medida ha contribuido cada variable a la predicción del modelo. Lo anterior fue consistente con trabajos previos en donde las bandas del infrarrojo cercano rindieron buenos resultados para el análisis de biomasa aérea. De acuerdo con Gao et al. (2018) la banda B12 sobresale, de las demás bandas espectrales, debido a que es más sensible a la humedad y sombra, características inherentes a la estructura forestal. Del mismo modo, el NDVI es un índice efectivo para estimar propiedades de la vegetación como el índice de área foliar o la biomasa aérea (Zhu & Liu, 2015). Y la relevancia de la banda HV de Alos Palsar es debido a su mayor sensibilidad a la biomasa y a los efectos moderados de la humedad y otros factores ambientales, principalmente en niveles bajos de biomasa aérea < 40 Mg ha^{-1} como en este trabajo (Mermoz et al., 2015). En el Cuadro 1 se muestran los errores para los conjuntos de entrenamiento y de validación. A pesar de que son valores relativamente bajos, hay que considerar que es un área pequeña (100 ha), no obstante, estos indicadores proporcionarán información valiosa cuando se compare con una predicción de biomasa aérea a una escala más amplia.

Cuadro 1. Rendimiento del modelo Random Forest para predicción de biomasa aérea.

Datos	R^2	RMSE (Mg ha^{-1})
Entrenamiento	0.74	3.55
Validación	0.17	5.05

Asimismo, en las Figuras 3 a) y b) se muestra la relación entre la biomasa aérea observada y predicha para los conjuntos analizados. Como se esperaba, la correlación en el conjunto de entrenamiento es alta (r=0.86) y para los datos de validación moderada (r=0.41). Posiblemente debido al tamaño del conjunto de datos de validación (30 unidades de muestreo), sin embargo, en un análisis posterior sería útil emplear una técnica de validación cruzada cuando se tienen tamaños de muestras pequeñas como en este caso.



a) Datos de entrenamiento b) Datos de validación

Figura 3. Gráfica de dispersión entre biomasa aérea observada y predicha para los conjuntos de a) entrenamiento y b) validación.

Conclusiones

Este trabajo mostró la efectividad de integrar diferentes conjuntos de datos de percepción remota: bandas espectrales, Radar de apertura sintética y del terreno, para realizar predicciones espacialmente explícitas de biomasa aérea en la zona de estudio. Este trabajo representa un aporte hacia el desarrollo de información útil para los tomadores de decisión y técnicos forestales sobre la distribución de biomasa aérea en sus predios, en donde se aprovechan diversas fuentes de datos y plataformas geoespaciales ambas de acceso gratuito. Aunque los resultados deberían compararse con otros métodos de aprendizaje automático o profundo para mejorar la predicción espacialmente explícita de biomasa aérea.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al Ejido Emiliano Zapata por las facilidades otorgadas, al Comisariado Ejidal y técnicos forestales quienes facilitaron la información y permitieron el acceso a la zona de estudio. Los resultados se generaron en el marco del proyecto estratégico forestal “Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático”.

Referencias bibliográficas

Gao, Y., Lu, D., Li, G., Wang, G., Chen, Q., Liu, L., & Li, D. (2018). Comparative Analysis of Modeling Algorithms for Forest Aboveground Biomass Estimation in a Subtropical Region. *Remote Sensing*, *10*(4). https://doi.org/10.3390/rs10040627

Mermoz, S., Réjou-Méchain, M., Villard, L., Le Toan, T., Rossi, V., & Gourlet-Fleury, S. (2015). Decrease of L-band SAR backscatter with biomass of dense forests. *Remote Sensing of Environment*, *159*, 307-317. https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.12.019

Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., Houghton, R. A., Fang, J., Kauppi, P. E., . . . Murdiyarso, D. (2024). The enduring world forest carbon sink. *Nature*, *631*(8021), 563-569. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07602-x

Pérez-Miranda, R. (2014). *Efecto de la deforestación sobre la variabilidad climática en cinco bosques de coníferas. Libro Técnico Núm. 6*. CENID - COMEF. INIFAP.

Zhu, X., & Liu, D. (2015). Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *102*, 222-231. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.08.014

VALIDACIÓN DEL MODELO LOCAL ALTURA-DIAMETRO PARA ÁRBOLES DE OYAMEL (*Abies religiosa* Kunth Schltdl. et Cham.) EN TLAXCALA, MÉXICO.

Enrique Buendía-Rodríguez[1*], Jonathan Hernández-Ramos[2], Vidal Guerra-de la Cruz[1], Fabián Islas-Gutiérrez[1], Juan Carlos Tamarit-Urias[3] y Casimiro Ordoñez- Prado[3]

[1]Campo Experimental (CE) Valle de México, INIFAP; [2]CE Bajío, INIFAP; [3]CE San Martinito, INIFAP.

*Autor de correspondencia: buendia.enrique@inifap.gob.mx

Palabras clave: Chignahuapan-Zacatlán, índice de concordancia de Willmott, modelo alométrico.

Introducción

Abies religiosa Kunth Schltdl. et Cham (Oyamel) es la segunda especie de coníferas más importantes en México en términos de producción de madera, con un volumen promedio anual aprovechado de 225,688 m^3. En los estados de México, Puebla, Michoacán y Tlaxcala se obtiene el 84.3 % del volumen anual de producción de esta especie. Los bosques de oyamel de la región de Tlaxco, Tlaxcala y su zona aledaña de Chignahuapan-Zacatlan, Puebla, se ubican en condiciones fisiográficas y climáticas diversas, por lo que se tienen diferentes condiciones de crecimiento (SEMARNAT, 2020). Esta especie no solo es clave para la economía forestal de la región, sino que también desempeña un papel crucial en la conservación de la biodiversidad local y en la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales, como la captación de agua y la regulación del clima local.

Los programas de manejo de esta especie requieren estimaciones precisas de sus atributos dasométricos, entre los cuales la altura total es una de las más difíciles por las dimensiones de la especie y por las condiciones del terreno. Con el fin de subsanar esta situación, Guerra-De La Cruz *et al.* (2023) propusieron un modelo que estima la altura total de *Abies religiosa* a partir de su diámetro normal (*d*). El uso generalizado de este modelo requiere su validación previa en otras condiciones de la región para determinar el nivel de precisión en sus estimaciones. La validación de modelos estadísticos en biometría forestal es fundamental para garantizar estimaciones precisas y confiables de los recursos forestales. La importancia de los sistemas biométricos radica en la integración de modelos estadístico-matemáticos, dinámicos o estáticos, para un manejo racional y sustentable de los bosques, ya que estos modelos constituyen herramientas analíticas esenciales para evaluar la productividad, proyectar rendimientos futuros y sustentar decisiones de manejo forestal basadas en evidencia científica sólida (Vargas-Larreta et al., 2017).

Por tal motivo, el objetivo fue validar el modelo alométrico *At-d* propuesto para *Abies religiosa* por Guerra-De La Cruz *et al.* (2023) mediante validación con un nuevo conjunto de datos.

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio se ubica en el ejido Emiliano Zapata, en la Región forestal de Chignahuapan- Zacatlán, Puebla. El clima es de tipo Templado Subhúmedo con lluvias en verano *C(w2).* los bosques de oyamel cubren áreas de laderas o barrancas profundas, donde están protegidos de la acción del viento y la insolación, se distribuyen en forma de cinturón discontinuo en una altitud entre los 2,500 y 3,200 m, con temperaturas entre 7 y 15 ºC y precipitación media anual de 1,000 mm/año.

Toma de datos. Se utilizó información de 120 árboles de *Abies religiosa* (diferentes a los utilizados para la generación del modelo), la cual fue recolectada en seis sitios de muestreo circulares de 1,000 m^2, ubicados sistemáticamente en áreas con dominancia de *A. religiosa*. En cada individuo se midieron las variables: altura total (*At,* m) y diámetro normal (*d*, cm) con un hipsómetro y cinta diamétrica respectivamente. Los datos recolectados dentro de cada unidad de muestreo de 1000 m² presentan autocorrelación espacial debido a que los árboles comparten condiciones microambientales similares (suelo, topografía, competencia), violando el supuesto de independencia de los modelos de regresión tradicionales. Sin embargo, esta estructura de datos refleja la realidad operativa de los inventarios forestales, donde las mediciones se agrupan en parcelas.

Validación del modelo. Se validó el modelo alométrico $At = 1.3 + 29.48681\left(1 - e^{-0.01774 d^{1.29231}}\right)$ para estimar altura a partir de diámetro normal generado por Guerra-De la Cruz *et al.,* (2023) cuyo coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.6870 y una raíz del error cuadrático medio (RMSE) de

4.1693 m. La estadística descriptiva de los datos de validación señala que el diámetro normal varió de 7.8 cm a 52.0 cm con un promedio de 18.98 cm, mientras que la altura total el rango fue de 5.7 m a 36.4 m, estos valores son similares a los datos utilizados para ajustar el modelo generado por Guerra-De la Cruz *et al.,* (2023) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas de los datos de validación y los utilizados para el ajuste del modelo.

Variables dasométricas	*Mínimo*	*Media*	*Máximo*	*Desviación estándar*	*Asimetría*	*Curtosis*
			Datos validación			
Diámetro normal (d, cm)	7.8	18.98	52.0	10.56	1.26	0.829
Altura (At, m)	5.7	17.09	36.4	6.10	0.641	-0.046
			Datos ajuste del modelo			
Diámetro normal (d, cm)	8.0	24.18	69.0	12.52	0.876	0.293
Altura (At, m)	6.0	18.91	37.0	7.80	0.245	-0.954

Evaluación. Para evaluar la precisión del modelo se utilizó el software R versión 4.5.0. Esta metodología se realizó mediante un conjunto independiente de datos de *A. religiosa*. Se aplicaron métricas estadísticas estándar para evaluar el desempeño predictivo: error cuadrático medio (RMSE), error absoluto medio (MAE), sesgo (BIAS), error porcentual absoluto medio (MAPE), coeficiente de determinación (R^2), eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) e índice de concordancia de Willmott. Se realizó análisis de residuales mediante gráficos de dispersión, Q-Q plots y pruebas de normalidad para verificar supuestos estadísticos. La validación incluyó evaluación de heterocedasticidad y detección de valores atípicos para confirmar la robustez del modelo biométrico forestal.

Resultados y discusión

Para corroborar la igualdad de medias poblacionales, los resultados de la prueba de *t-Student* (*t = 21.2286, df = 227.37* y *p-value = 0.2205*), muestran que, con *p = 0.2205 > 0.05*, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias.

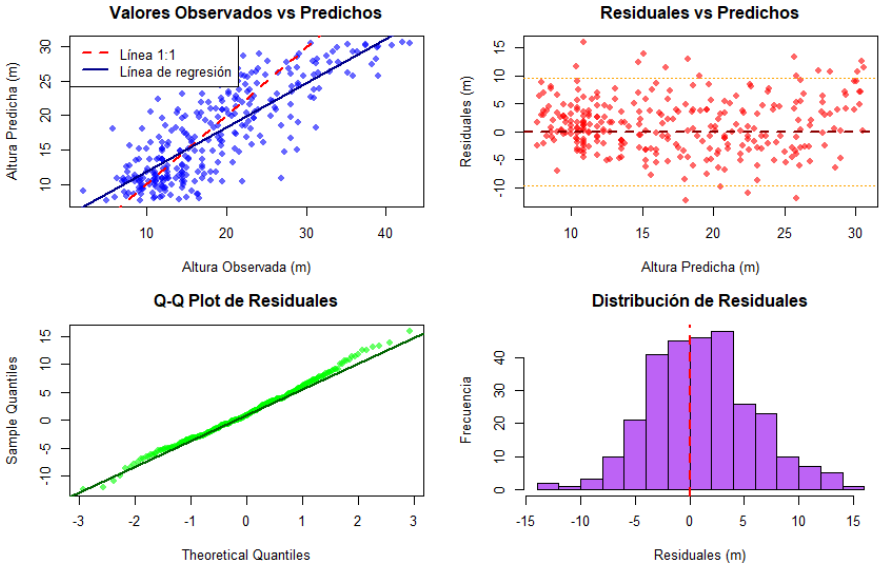


Figura 1. Gráficos de diagnóstico para la validación del modelo altura-diámetro en *Abies religiosa.*

Los resultados de la validación del modelo altura-diámetro muestran un desempeño moderadamente satisfactorio. El gráfico de valores observados versus predichos evidencia una correlación positiva fuerte (r = 0.81) con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.64$, indicando que el modelo explica el 64% de la variabilidad en las alturas (Figura 1). El análisis de residuales revela un sesgo positivo (BIAS = 1.18 m), sugiriendo una ligera tendencia del modelo a subestimar las alturas. El error cuadrático medio (RMSE =

4.96 m) y el error absoluto medio (MAE = 3.89 m) representan un error porcentual absoluto medio del 24%, considerado aceptable para modelos biométricos forestales. El Q-Q plot muestra cierta desviación de la normalidad en los extremos, mientras que la distribución de residuales presenta una forma aproximadamente normal con ligera asimetría. El índice de Willmott (0.88) confirma una concordancia aceptable entre valores observados y predichos. La heterogeneidad estructural del dosel y competencia intraespecífica incrementan la variabilidad altura-diámetro en árboles maduros intermedios.

García-Cuevas *et al*. (2017) reportaron valores más altos (R^2 = 0.935) en modelos alométricos para la misma especie, pero con relación al diámetro del tocón, en tanto que Corral-Rivas *et al*. (2014) reportaron valores de 0.6 – 0.8 en diferentes especies de *Pinus*, lo cual sugiere que la relación *At-d*, es variable en función de la especie y las condiciones de desarrollo de las poblaciones.

Conclusiones

El modelo alométrico $At = 1.3 + 29.48681\left(1 - e^{-0.01774d^{1.29231}}\right)$, generado por Guerra-De La Cruz *et al.,* (2023), fue validado satisfactoriamente, el cual presenta un ajuste moderado con R^2 = 0.64, explicando el 64% de la variabilidad en las alturas, con un error cuadrático medio de 4.96 m, valores considerados aceptables para aplicaciones en manejo forestal. La validación del modelo con datos procedentes de una zona geográficamente distinta pero ecológicamente similar confirma la capacidad de generalización del modelo alométrico en la región forestal de Tlaxco-Chignahuapan. Los resultados obtenidos, particularmente el RMSE consistente con estudios previos, demuestran la robustez estadística del modelo y su aplicabilidad práctica para inventarios forestales. Esta validación respalda la implementación del modelo en ambas localidades (Tlaxco, Tlaxcala y Chignahuapan, Puebla), proporcionando confianza en su uso operativo para la estimación de alturas en rodales de *Abies religiosa* de la región, lo cual es fundamental para la planificación del manejo forestal sustentable y la cuantificación precisa de recursos maderables en estos ecosistemas templados.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el financiamiento al estudio para la validación del “Modelo local altura-diámetro para árboles de oyamel (*Abies religiosa* Kunth Schltdl. et Cham.) en Tlaxco, Tlaxcala”.

Referencias bibliográficas

Corral-Rivas, S., Álvarez-González, J. G., Crecente-Campo, F., & Corral-Rivas, J. J. (2014). Local and generalized height-diameter models with random parameters for mixed, uneven-aged forests in Northwestern Durango, Mexico. Forest Ecosystems, 1(6), 1-9. https://doi.org/10.1186/2197-5620-1-6

García-Cuevas, X., Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J. J., Hernández-Ramos, A., Herrera-Ávila, V., González-Peralta, A., & Garfias-Mota, E. J. (2017). Predicción de diámetro normal, altura y volumen de Abies religiosa a partir del diámetro del tocón. Madera y Bosques, 23(3), 61-70. https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331528

Guerra-De La Cruz, V., Hernández-Ramos, J., Buendía-Rodríguez, E., Tamarit-Urias, J. C., & Islas-Gutiérrez, F. (2023). A local height-diameter model with mixed-effects for Abies religiosa in Tlaxcala, Mexico. Bosque, 44(1), 137-147. https://dx.doi.org/10.4067/s0717-92002023000100137

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). Anuario estadístico de la producción forestal 2017. SEMARNAT-Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos. https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2020/2017.pdf

Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas, J. J., Aguirre-Calderón, O. A., Álvarez-González, J. G., Rojo-Alboreca, A., Ruiz-González, A. D., Fonseca-González, F., Tamarit-Urias, J. C., García-Cuevas, X., Hernández-Pérez, D., Martínez-Salvador, M., Ángeles-Pérez, G., Santiago-García, W., De los Santos-Posadas, H. M., Corral-Rivas, S., Telles-Lara, L., & Cruz-Cobos, F. (2017). SiBiFor: Sistema Biométrico Forestal para el manejo de los bosques de México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 23(3), 437-455. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.06.040

ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA MEDIANTE BOOTSTRAP EN UN BOSQUE DE CHIGNAHUAPAN, PUEBLA: TENDIENDO A LA NORMALIDAD

Efraín Velasco Bautista[1*], Jesús Valentín Gutiérrez García[1], Alma Delia Ortiz Reyes[1]

[1]Cenid-Comef, INIFAP.

*Autor para correspondencia: velasco.efrain@inifap.gob.mx

Palabras clave: Inventarios forestales, inferencia basada en diseño, límites de confianza.

Introducción

Desde el paradigma de la inferencia estadística basada en diseño, particularmente en la estimación de parámetros forestales, las estimaciones puntuales no son suficientes, de tal manera que los intervalos de confianza, como indicadores de la precisión, resultan importantes, sobre todo al considerar que la muestra bajo análisis es tan solo una de muchas muestras posibles; en teoría, si se toman muestras de la población una y otra vez, y en cada ocasión se construye un intervalo de confianza al 0.95, se espera que el 95% de los intervalos resultantes incluyan el valor del parámetro (Lord, 2010). Los intervalos de confianza requieren de la varianza del estimador, la cual en varios casos presenta una estructura algebraica compleja; la varianza del estimador de regresión estratificado en tres fases es un ejemplo de esta situación (Anieting y Ologun, 2020). Con base en lo anterior, y tomando en cuenta que el muestreo aleatorio simple es una estrategia que forma parte de diseños de muestreo complejos y que se implementa muy a menudo en inventarios forestales, resulta interesante estudiar la potencialidad de técnicas de simulación para obtener estimaciones puntuales y por intervalo de parámetros forestales de interés común.

Objetivo

Estimar biomasa aérea por unidad de muestreo mediante Bootstrap en un bosque bajo manejo a sometido al “Método Mexicano de Bosques Irregulares” (MMOBI), ubicado en el ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla.

Materiales y métodos

El trabajo de campo se llevó a cabo al final del 2023 en el SE del ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla, México. Las principales especies estudiadas fueron *Pinus patula* Schl. et Cham, *Pinus ayacahuite* Ehren. ex Schltdl. y *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Chamen. Se utilizaron 54 Unidades de Muestreo (UM) circulares del 1,000 m^2 distribuidas cada 100 m en un diseño de muestreo cuasi-sistemático en rodales sometidos bajo el “Método Mexicano de Bosques Irregulares” (MMOBI), cuya superficie total es de 54 hectáreas (Figura 1). En cada UM se midió el diámetro normal y la altura total de los árboles mayores a 7.5 cm. Mediante ecuaciones de biomasa, desarrolladas en la región de estudio, se calculó la biomasa aérea (kg) por UM. Aplicando la metodología esbozada por Mashreghi *et. al* (2016), se generó una pseudo-población de $N = 540$ UM; a fin de lograr consistencia en las estimaciones y apreciar la normalidad de las medias muestrales, a partir de esta pseudo-población se obtuvieron 10,000 muestras de $n = 54$ observaciones cada una. En cada repetición, y con base a Cochran (1977), se calculó la media (kg), el error estándar, los intervalos de confianza (95% con valor de *t*) y el error de muestreo relativo (%). Estas estadísticas se calcularon también para el vector de 10,000 medias muestrales (Mashreghi *et. al*, 2016). Se construyó el histograma del conjunto de todas las medias muestrales, en donde, la media y los intervalos de confianza (95% con valor de *z*) quedaron explícitamente representados bajo distribución normal. El análisis estadístico de la información, incluyendo la selección aleatoria de las muestras y evaluación de la normalidad de las medias, se realizó mediante el Sistema de Análisis Estadístico v. 9.4. (SAS, 2018).

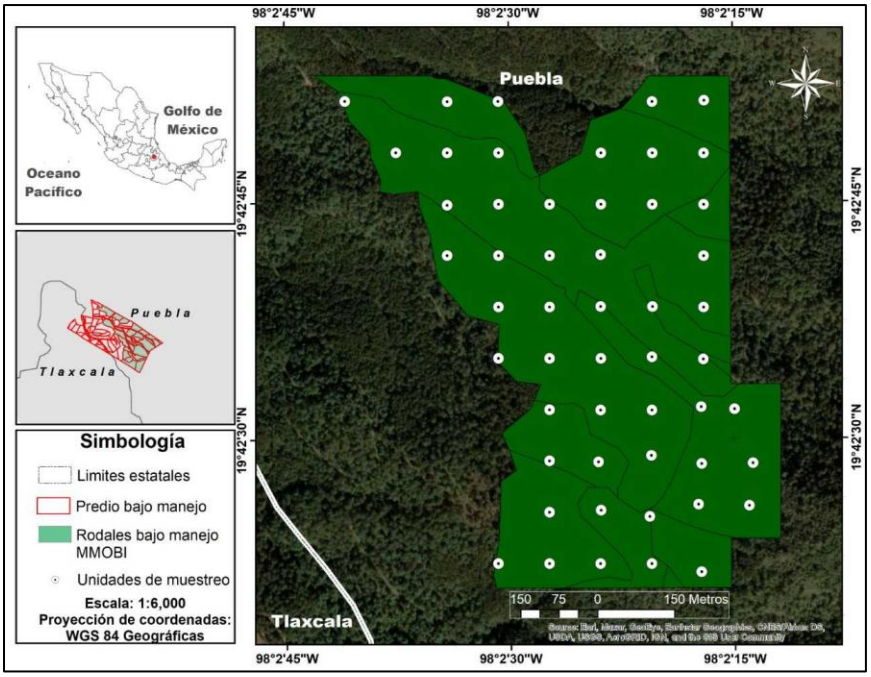


Figura 1. Distribución cuasi-sistemática de las unidades de muestreo circulares de 1,000 m^2 en el área de estudio.

Resultados y discusión

El valor esperado de la media, el error estándar, el límite inferior, el límite superior y el error relativo de muestreo de las 10,000 repeticiones fueron, respectivamente, de 16,092.93 kg; 680.35 kg; 14,725.43 kg; 17,460.43 kg y 8.51%. Por otro lado, considerando únicamente el vector de las 10,000 medias de biomasa por UM, el promedio también resultó de 16,092.93 kg (MEDIA), con una desviación estándar de 682.70 kg, un límite inferior de 14,754.84 kg (LIMED), un límite superior de 17,431.02 kg (LSMED) y un error de muestreo relativo de 8.31%. Bootstrap, como un mecanismo de repetibilidad aleatoria, permite rescatar la variabilidad intrínseca del proceso de estimación (Figura 2a) y, en consecuencia, la distribución probabilística de las medias puede ser representada, misma que por el Teorema Central de Límite resultó normal (Figura 2b). Los valores de p de las pruebas de normalidad resultaron mayores de 0.05 (Kolmogorov-Smirnov p superó al 0.15) y, por lo tanto, los percentiles observados y modelados bajo normalidad se ubicaron en la línea recta (Figura 3). Mediante la aplicación del muestreo aleatorio simple, como método convencional, la media de la muestra original fue de 16,094.50 kg, cuyos límites de confianza oscilaron de 14,713.03 a 17,476 kg y un error de muestreo relativo del 8.58%. Entonces, se observa que en los tres métodos prácticamente se obtuvieron los mismos valores, verificando así que estimador de la media y su varianza tradicionales son insesgados y que Bootstrap en una alternativa computacional que puede ser aplicada con éxito en inventarios forestales.

Conclusiones

Con tan solo un tamaño de muestra original de 54 observaciones, el método presentado aquí parece alentador en cuanto a las estimaciones puntuales y por intervalo obtenidas computacionalmente, a la vez que la distribución probabilística de las medias simuladas queda explícita. Dicho procedimiento puede ser aplicado en la estimación de otros parámetros de interés forestal como el área basal, volumen maderable o carbono, tanto en escalas locales, regionales e incluso nacionales. De hecho, en estas últimas, el método discutido resulta aún más importante, dado que la complejidad de las varianzas se incrementa conforme los niveles de estratificación son mayores.

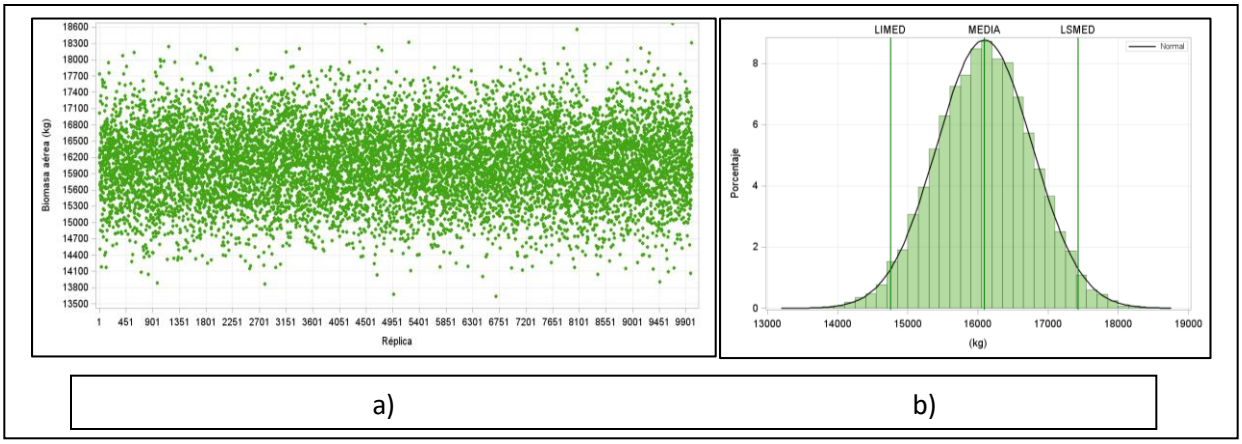


Figura 2. Variabilidad intrínseca de las muestras (a) e histograma de las medias obtenidas de 10,000 repeticiones (b).

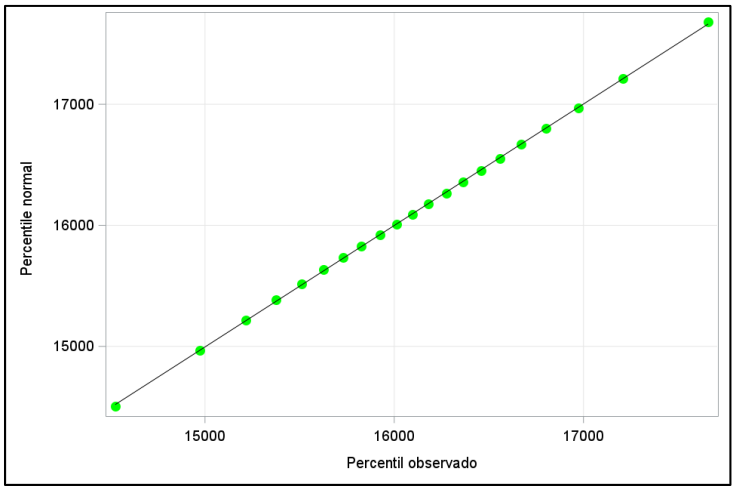


Figura 3. Percentiles modelados bajo normalidad y observados de biomasa por unidad de muestreo.

Agradecimientos y fuente financiera

Personal técnico de la Consultoría de Fomento Ambiental y Desarrollo Social de Comunidades Forestales S.C. por el apoyo brindado en la toma de datos de campo.
Fuente financiera: Proyecto estratégico forestal "Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático" financiado por INIFAP.

Referencias bibliográficas

Anieting, A. E., & Ologun, S. (2020). Three Phase Stratified Sampling with Regression Method of Estimation Using Single Auxiliary Variable. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science (IJRIAS)*. V(I).

Cochran, W.G. (1977). Techniques Sampling. Third edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 428 p.

Lohr, S. L. (2010). Sampling: design and analysis. Second Edition. Brooks/Cole. 596.

Mashreghi, Z., Haziza, D., & Léger, C. (2016). A survey of bootstrap methods in finite population sampling. *Statistics Surveys*.10:1-52. DOI: 10.1214/16-SS113

SAS Institute Inc. (2018). SAS/QC® 15.1 User's Guide: The CAPABILITY Procedure. SAS Institute Inc. North Carolina, USA. 375 p.

MODELO ALTURA TOTAL-DIÁMETRO NORMAL PARA *Swietenia macrophylla* King. EN QUINTANA ROO, MÉXICO

Jonathan Hernández-Ramos[1], Alfredo Esteban Tadeo-Noble[2], Xavier García-Cuevas[3], Alberto Santillán Fernández[2], David Del Ángel Santos[4] y Enrique Buendía-Rodríguez[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarios (INIFAP)-Campo Experimental Bajío. [2] IxM SECIHTI-COLPOS Campus Campeche. [3]INIFAP-Campo Experimental Chetumal. [4]Consultor forestal independiente, Ejido Petcacab. [5]INIFAP-Campo Experimental Valle de México.

*Autor para correspondencia: hernandez.jonathan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Caoba, relación alométrica, manejo forestal.

Introducción

Swietenia macrophylla King. (Caoba) es una especie forestal con alto valor económico y ecológico que se distribuye en el sureste de México, con mayor abundancia en Quintana Roo, México. Su aprovechamiento sustentable requiere que se relacionen variables dasométricas, como la altura total (*At*, m) y el diámetro normal (*d*, cm), para estimar con mayor exactitud el volumen individual, existencias por unidad de superficie y el crecimiento de los árboles en diferentes condiciones edáficas y climáticas (Hernández-Ramos *et al*., 2019). Los modelos alométricos *At-d* son herramientas usadas en la práctica de la silvicultura para la planeación y manejo forestal, ya que permiten reducir el esfuerzo de campo al estimar alturas totales a partir de diámetros fácilmente medibles (Hernández-Ramos *et al*., 2020). La comprensión de la relación de esta relación alométrica permite optimizar los tiempos y costos al realizar inventarios forestales (García-Cuevas *et al*., 2022). Los modelos de efectos mixtos (MEM) son una opción eficaz para las investigaciones que estudian la variabilidad natural y las diversas condiciones ambientales en las que se desarrollan los árboles, reemplazando gradualmente a los métodos tradicionales de regresión (Corral-Rivas *et al*., 2014; Quiñonez *et al*., 2012). El desarrollo de un modelo *At-d* específico para *Swietenia macrophylla* en los bosques tropicales de Quintana Roo es una necesidad técnica y representa una herramienta estratégica para el manejo forestal sustentable, la estimación de existencias maderables y la toma de decisiones en programas de conservación y producción.

Objetivo

Ajustar un modelo de *At-d* para *Swietenia macrophylla* King. empleando modelos de efectos mixtos (MEM) para los bosques tropicales de Quintana Roo, México.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el ejido Petcacab, municipio de Felipe Carrillo Puerto, dentro del área forestal permanente de Quintana Roo, México. En este sitio se recolectaron 716 pares de datos correspondientes a la *At* y *d*, los cuales fueron utilizados para ajustar y comparar el desempeño de cinco modelos alométricos y seleccionar una ecuación base; (1) Alométrico: $At = 1.3 + a_0 \cdot d^{a_1}$, (2) Schumacher: $At = 1.3 + a_0 \cdot e^{a_1 \cdot 1/d}$, (3) Strand: $At = 1.3 + \left(d/a_0 + a_1 \cdot d\right)^3$, (4) Hossfeld I modificado: $At = 1.3 + d^2/(a_0 + a_1 \cdot d)^2$ y Bates y Watts: $At = 1.3 + a_0 \cdot \left(d/a_1 + d\right)$, mediante mínimos cuadrados no líneal (MCNL) con el programa estadístico R®; en donde a_i son los parámetros a estimar. La selección de la mejor expresión se realizó a través de los valores en coeficiente de determinación (R^2), la raíz del cuadrado medio de error (RCME), los criterios de información de Akaike y Bayesiano (AIC y BIC, respectivamente) y el logaritmo de verosimilitud (logLik), así como el nivel de significancia de los parámetros estimados.

Una vez seleccionada la mejor expresión a través del enfoque de MEM se reajusto con la función *nlme* en R® al incluir dentro de uno de los parámetros del modelo un nivel de clasificación aleatorio $(+u)$, el cual

fue el índice de esbeltez (IE) de cada individuo ($IE = {At}/{d}$), por ejemplo en el modelo de Strand se tiene la siguiente expresión: $At = 1.3 + \left({d}/{a_0 + (a_1 + u) \cdot d}\right)^3$ (Hernández-Ramos *et al*., 2020). En el ajuste se incluyó la estructura de distribución de residuales (*varPower*). Posteriormente, se evaluaron de manera porcentual las diferencias de los MEM en los valores de R^2, RCME, AIC, BIC y logLik, con respecto a MCNL; y además se validó a través de 307 pares de datos *At-d* independientes al ajuste mediante el cálculo del error y el coeficiente de variación mediante validación simple con 200 repeticiones aleatorias y *Bootstrap.*

Resultados y discusión

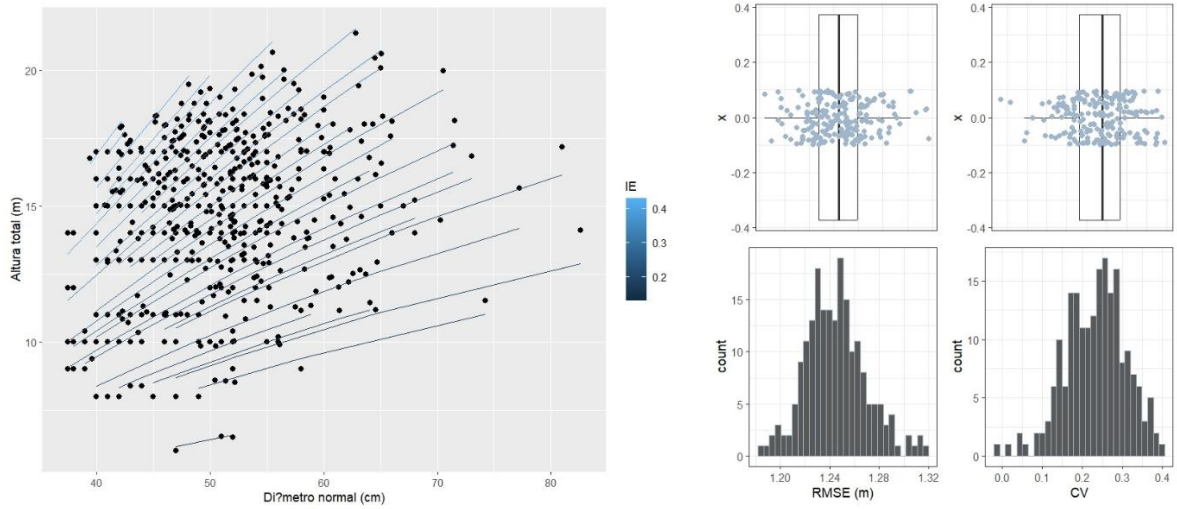
Los resultados de ajuste por MCNL indican parámetros significativos en todos los casos (*p<0.05*) y que el modelo de Strand es el que explica la mayor variabilidad de la población analizada (R^2=0.70; RCME=2.62; AIC=3417; BIC=3431; y logLik=-1706), mientras que, el modelo de Schumacher presenta los valores menores en los estadísticos de ajuste (R^2=0.61; RCME=2.64; AIC=3425; BIC=3439; y logLik=-1710). Debido a ello y posterior a incluir los parámetros aleatorios a través del enfoque de MEM y la inclusión del IE, la expresión de Strand con respecto al primer ajuste (MCNL) obtiene una ganancia porcentual del 28.0%, 9.3%, 8.2%, 8.8% y 7.9% en los estadísticos de R^2, RCME, AIC, BIC y logLik, respectivamente. En el Cuadro 1, se muestran los parámetros del modelo.

Cuadro 1. Valores de parámetros y estadísticos de ajustes por modelos de efectos mixtos.

Modelo	Parámetro	Intervalo -	Valor	Intervalo +	Error estándar	Valor t	Pr > |t|
Strand	a_0	7.7351	7.8243	7.9134	0.045	172.050	<0.001
	a_1	0.2582	0.2776	0.2970	0.010	28.043	<0.001

Efectos aleatorios						
Desviación estándar (a_1)	0.0400	0.0521	0.0678	Var-Cov	a_0	a_1
Within-group standard error (residual)	0.2558	0.6785	1.7998	a_0	0.00206	-0.00004
Función de varianza de poder	-0.7451	-0.3799	-0.0147	a_1	-0.00004	0.00010

De manera gráfica no se observaron problemas de normalidad, homocedasticidad y autocorrelación. El uso de los parámetros aleatorios por los distintos niveles de clasificación de IE describen de manera eficiente la tendencia de las distintas relaciones alométricas entre el *At* en función del *d* (Figura 1a), mientras que la validación simple y *Bootstrap* muestra errores sobre cero, distribución en forma de campana de Gauss, valores del error entre 1.18 y 1.32 m; y coeficientes de variación entre -0.1 y 0.4 (Figura 1b).



a) b)

Figura 1. a) Tendencias alométricas de altura total-diámetro normal (*At-d*) con distintos índices de esbeltez (IE=At/d). b) Distribución de los errores de la validación simple y valores de la raíz del cuadrado medio del error (RCME) y coeficiente de variación (CV) de las 200 repeticiones aleatorias.

El enfoque de MEM mejora la explicación de la variabilidad muestral en contraste con MCNL (Quiñonez *et al*., 2012; Hernández-Ramos *et al*., 2019). Además, los resultados pueden ser aplicados de manera generalizada para una muestra que contraste con los datos utilizados en este estudio o fuera de la distribución geográfica de la investigación si en algún momento se calibran los parámetros aleatorios (Corral-Rivas *et al*., 2014), o bien, se emplean las distintas tendencias por nivel de clasificación de IE propuestos en este trabajo (Hernández-Ramos *et al*., 2020).

Conclusiones

El modelo de Strand presentó el mejor ajuste entre los cinco modelos evaluados mediante mínimos cuadrados no lineales (MCNL), y al incluir los distintos niveles de clasificación en el índice de esbeltez (IE) mejora significativamente la capacidad de explicación de la muestra empleada y se puede considerar una forma de generalización en la aplicabilidad del modelo. La estructura de varianza empleada y la inclusión de efectos aleatorios permitieron capturar con mayor precisión la heterogeneidad estructural de los individuos de *Swietenia macrophylla*, ofreciendo un modelo flexible y robusto para estimar la altura total a partir del diámetro normal.

La elección adecuada de un modelo base y su ajuste mediante el uso de modelos de efectos mixtos (MEM), incorporando factores de agrupación definidos por covariables estructurales y ecológicas, constituye una estrategia robusta y eficiente para modelar la relación altura total-diámetro normal (*At-d*) en *Swietenia macrophylla*. Esta metodología mejora la precisión de las estimaciones y en comparación con otros modelos tradicionales, captura la variabilidad propia de los bosques tropicales de Quintana Roo, México. Además, la validación simple y *Bootstrap* muestra errores sobre cero y distribución en forma de campana de Gauss de los coeficientes de variación, por lo que se considera estadísticamente confiable la expresión propuesta.

Referencias bibliográficas

Corral-Rivas, S., J. G. Álvarez-González, F. Crecente-Campo y J. J. Corral-Rivas. (2014). Local and generalized height-diameter models with random parameters for mixed, uneven-aged forests in Northwestern Durango, Mexico. *Forest Ecosystems*, 1(6):1-9. Doi: 10.1186/2197-5620-1-6.

Hernández-Ramos, J., Tamarit-Urias, J. C., García-Cuevas, X., Hernández-Ramos, A., Reynoso-Santos, R., & Reyes-Hernández, V. (2019). Modelos alométricos altura-diámetro para *Bucida buceras* (pukté) en Quintana Roo, México. *Bosque (Valdivia)*, 40(3), 267-276.

Hernández-Ramos, J., Valdez-Hernández, J. I., García-Cuevas, X., Quiñonez-Barraza, G., Reyes-Hernández, V. J., & Hernández-Ramos, A. (2020). Modelos altura-diámetro con efectos mixtos para *Lysiloma latisiliquum* (L) Benth. en Quintana Roo, México. *Madera y bosques*, *26*(2).

García Cuevas, X., Hernández Ramos, J., Tamarit Urias, J. C., Hernández Ramos, A., & Buendía Rodríguez, E. (2022). Modelo local altura-diámetro para *Metopium brownei* (Jacq.) Urb. en Quintana Roo, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, *13*(73), 102-127.

Quiñonez B., G., F. Cruz C., B. Vargas L. y F. J. Hernández. (2012). Estimación del diámetro, altura y volumen a partir del tocón para especies forestales de Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(9):23-39. Doi: 10.29298/rmcf.v3i9.535.

ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN BAJO DOSEL EN UN BOSQUE TEMPLADO BAJO MANEJO SILVÍCOLA

Jesús Valentín Gutiérrez-García[1*], Efraín Velasco-Bautista[1], Arian Correa-Díaz[1], Vidal Guerra-De La Cruz[2], Bertha Patricia Zamora-Morales[1], Antonio González-Hernández[1], Eulogio Flores-Ayala[2], Alma Delia Ortiz-Reyes[1]

[1] Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP; [2]CEVAMEX, CIRSE. México

*Autor de correspondencia: gutierrez.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave. Servicios hidrológicos, Bosque templado, Manejo Forestal

Introducción

Los bosques bajo manejo ofrecen servicios ecosistémicos que van más allá de la madera y la pulpa, destacan el secuestro de carbono, el soporte al hábitat y la mejora de la retención de agua en el suelo; sin embargo, entender cómo los atributos del bosque influyen en los patrones de flujo y almacenamiento de agua es complejo, ya que la lluvia que incide sobre el dosel se divide en tres fracciones: precipitación directa (P_D),definida como el agua que llega al suelo, ya sea directamente a través de los huecos del dosel o, bien, después de escurrir por el dosel; escurrimiento fustal o por el tronco (E_f), que corresponde al agua que corre por el tronco y llega al suelo; y agua interceptada (I_D), considerada como el agua que se acumula en la copa, pero que se evapora o es absorbida por las hojas antes de llegar al suelo y retorna a la atmósfera, lo que reduce el aporte hídrico al sistema terrestre (Sadeghi et al., 2024; Pawson et al., 2008). La P_D es un indicador fundamental para estimar la proporción de lluvia que realmente llega al estrato edáfico (Sadeghi et al., 2024). El objetivo de este estudio fue evaluar la P_D en distintos tratamientos y en qué medida la precipitación total (P_t) explica la variabilidad de P_D en distintos tratamientos silvícolas en un bosque templado.

Materiales y métodos

La zona de estudio se ubica en el noroeste de Puebla, en el ejido Emiliano Zapata en Chignahuapan, Puebla. La vegetación corresponde a bosque templado, donde predomina *Pinus patula* y menor presencia de otras coníferas como *P. ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl. y *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Chamen (Pérez, 2014). Dicho bosque, en las últimas décadas, ha sido sometido a dos métodos silvícolas: el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI). A partir del Programa de Manejo Forestal Maderable (PMFM) vigente del ejido, se consideró un diseño de muestro cuasi-sistemático con unidades de muestreo circulares del 1,000 m^2 equidistantes cada 100m. En la presente investigación se seleccionaron cuatro tratamientos silvícolas de MDS: corta de aclareo 2 (CA2), corta de aclareo 3 (CA3), corta de liberación (CL) y corta de regeneración (CR) (Figura 1a). En cada tratamiento se consideraron cinco unidades de muestreo (UM) a excepción de CR con solo tres.

La P_D se registró con pluviómetros True-Check® de 150 mm de capacidad y 0.1 mm de precisión, instalados a 1.20 m de altura (Figura 1b), ubicados en cada UM a 8.5 m del centro en direcciones norte, este, sur y oeste. Semanalmente se midió el contenido (mm) de cada pluviómetro y se calculó el promedio de las cuatro orientaciones. La precipitación total (P_t) se obtuvo de un pluviómetro de balancín automático integrado en una estación meteorológica Davis Pro2, situado en un área libre de cobertura arbórea a 400 m de las UM (Figura 1c). El periodo de muestreo comprendió del 24 de junio al 4 de noviembre de 2024, con una frecuencia de registro semanal. Cada semana se midió manualmente el contenido de agua acumulado (en mm) en los cuatro pluviómetros instalados por UM, y se calculó el promedio semanal de la P_D por UM y tratamiento silvícola. De forma simultánea, se obtuvo un único valor semanal de P_t a partir del pluviómetro automático ubicado fuera del dosel. Con estos datos —los promedios semanales de P_D y los valores correspondientes de P_t— se ajustaron modelos de regresión lineal por tratamiento, con el fin de analizar la relación entre la precipitación incidente y la fracción que alcanza el suelo.



Figura 1. Unidades de muestreo (a) y equipos de medición de P_D (b) y P_t (c) .

Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desviación estándar) de P_D por tratamiento. Antes de comparar tratamientos, se evaluó la normalidad (prueba Shapiro–Wilk, α = 0,05) y la homogeneidad de varianzas (prueba de Levene, α = 0,05), por lo que en caso de no cumplirse los supuestos se optaría por la prueba de Kruskal–Wallis para comparar medianas de P_D entre tratamientos. La relación entre la precipitación total incidente (P_t) y la precipitación directa promedio (P_D) se analizó mediante regresión lineal simple en R (v. 4.2.1) usando lm(). En cada modelo, P_t actuó como variable independiente y P_D como dependiente; de ellos se extrajeron intercepto (β_0), pendiente (β_1) y coeficiente de determinación (R^2).

Resultados y discusión

Los datos de P_D para cada tratamiento fueron evaluados para normalidad mediante la prueba de Shapiro–Wilk y para homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Dado que en todos los tratamientos al menos uno de los supuestos no se cumplió ($p < 0.05$), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis ($\alpha = 0.05$) para comparar diferencias de P_D entre tratamientos. Aunque el tratamiento CR presentó la media numéricamente más alta, la prueba no mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($H = 0.93$, $p = 0.82$). La precipitación total media osciló desde casi 690 mm para CA3 hasta alrededor de 785 en CR; como era de esperarse, la precipitación incidente superó a todos los tratamientos bajo estudio, con un valor cercano a 940 mm. (Figura 2a). La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos se debe al traslape de los valores semanales de P_D, lo cual refleja una alta variabilidad intra-tratamiento (Figura 2b).

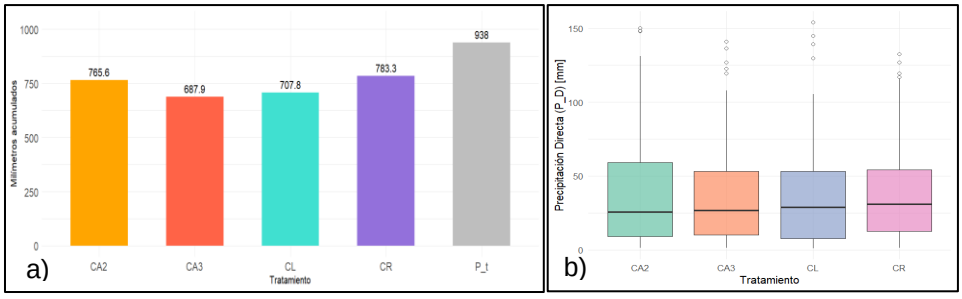


Figura 2. Precipitación media por tratamiento (a) y Dispersión de P_D por tratamiento silvícola

Para evaluar qué proporción de la variabilidad de P_D se explica por la P_t, se ajustó un modelo de regresión lineal simple para cada tratamiento silvícola de la forma:

$$P_D = \beta_0 + \beta_1 P_t + \varepsilon$$

Cada tratamiento se modeló por separado, de modo que P_t fue la variable independiente y P_D la variable dependiente. En la Figura 3 se muestran los diagramas de dispersión de P_D vs. P_t para cada tratamiento, junto con la línea de regresión ajustada y la ecuación resultante.

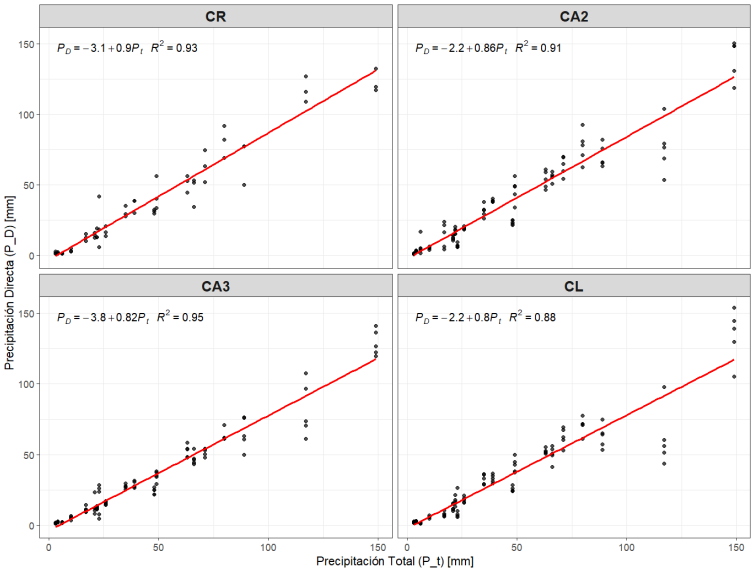


Figura 3. Dispersión de P_D vs P_t y ajuste de regresión por tratamiento silvícola

Muzylo et al. (2009) documentaron para bosques templados pendientes de regresión entre 0.70 y 0.95; los β_1 (0.80–0.90) obtenidos en este estudio están dentro de ese rango. En el tratamiento CR, la pendiente de la regresión indica que aproximadamente el 90 % de la P_t se convierte en P_D, lo cual puede favorecer la infiltración rápida en el perfil del suelo, aunque también podría aumentar el riesgo de escurrimiento superficial y erosión en pendientes pronunciadas.

Conclusiones

En el ámbito de la regulación hídrica, asumiendo que β_0 es cercano a cero, la pendiente β_1 de cada tratamiento refleja la proporción de lluvia que efectivamente llega al suelo, lo cual permite estimar el volumen de aporte hídrico. Estos coeficientes pueden incorporarse en modelos de simulación de subcuencas con cobertura forestal bajo manejo, para evaluar cómo distintos escenarios silvícolas afectan el caudal base, los picos de crecida y la recarga potencial de acuíferos. No obstante, se continuará con el análisis empleando métodos de comparación adicionales, para validar y contrastar estos resultados.

Agradecimientos y fuente financiadora: Se agradece al Ejido Emiliano Zapata y técnicos forestales quienes apoyaron en la toma de información en campo. Los resultados se generaron del proyecto estratégico forestal del INIFAP “Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático”.

Referencias bibliográficas

Muzylo, A., Llorens, P., Valente, F., Keizer, J. J., Domingo, F., & Gash, J. H. C. (2009). A review of rainfall interception modelling. Journal of hydrology, 370(1-4), 191-206. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.02.058

Pawson, S. M., Brockerhoff, E. G., Meenken, E. D., & Didham, R. K. (2009). Non-native plantation forests as alternative habitat for native forest beetles in a heavily modified landscape. Plantation Forests and Biodiversity: Oxymoron or Opportunity?, 203-224. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2807-5_11

Pérez M., R. (Comp.). (2014). Efecto de la Deforestación sobre la variabilidad climática en cinco bosques de coníferas. Libro Técnico Núm. 6. CENID-COMEF. INIFAP. México, D.F. México. 220 p.

Sadeghi, S. M. M., Epstein, J. M., Deljouei, A., Gorora, F. J., & Cohen, M. J. (2024). Stand age controls canopy and soil rainfall partitioning in slash pine forests. Forest Ecology and Management, 572, 122307. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122307

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL EN UN ESCENARIO ACTUAL DE *Agave potatorum* Zucc EN MÉXICO

Antonio González-Hernández[1], Ramiro Pérez-Miranda[1], Martín Enrique Romero-Sánchez [1], Georgel Moctezuma López [1] , Efraín Velasco Bautista y Gabriela Ramírez Ojeda [2]
[1]Cenid Comef, INIFAP. [2]C.E. Centro Altos en el Estado de Jalisco, INIFAP.

*Autor para correspondencia: gonzalez.antonio@inifap.gob.mx

Palabras clave. Maxent, *Random forests*, GFDL-ESM4.

Introducción

En las dos últimas décadas, la demanda de materia prima para elaborar mezcal ha causado que los campesinos incrementen el aprovechamiento de poblaciones silvestres de agave, aumentando su riesgo de extinción (Valenzuela-Zapata & Sarita-Gaytan 2012; Vega-Vera & Pérez- Akaki, 2017). Al verse interrumpido su desarrollo, fisiología, reproducción, migración y distribución geográfica son menos resilientes a los cambios ambientales de su entorno (Nicolás-Tammone, 2016; Uribe-Botero, 2015). La modelación de nicho ecológico de especies es una herramienta que permite predecir la presencia de especies en diferentes áreas con las mismas características y las tendencias de cambios a futuras condiciones ambientales (Phillips, Anderson & Schapire 2006; Rezende, de Oliveira-Filho, Eisenlohr, Yoshino-Kamino & Vibrans, 2015). En México su uso principal es para la elaboración de mezcal, bebida con reconocimiento nacional e internacional. Esta actividad es prioritaria debido a la derrama económica en diferentes comunidades del país (García-Herrera et al. 2010, Narváez-Suárez *et al.* 2016, García-Mendoza et al. 2019, Martínez-Jiménez *et a*l. 2019). Es por dicha actividad que la especie enfrenta una seria problemática que amenaza su sobrevivencia. La extracción de *Agave potatorum* Zucc para la producción de bebidas ha provocado una disminución de las poblaciones silvestres, por lo que hay preocupación por la conservación de esta especie. Esta situación afecta seriamente a los ecosistemas, agravando los efectos del cambio climático, erosionando, debilitando el terreno y poniendo en serio riesgo a las comunidades por el desgajamiento de las colinas que habitan (Aguirre-Dugua & Eguiarte 2013). El clima se refleja principalmente en la temperatura y precipitación; es uno de los factores que determinan la distribución geográfica de las especies, combinado con las propiedades físicas y químicas de suelo que puede resultar en una contracción o cambio en el rango de presencia de esta especie de agave (Gómez-Ruiz y Lacher, 2019). El enfoque “Random forests” (RF) es un potente algoritmo de SDM que por defecto puede producir mapas de distribución de especies con respuestas categóricas y numéricas basados en árboles de clasificación y de regresión (Classification and Regression Trees, CART), respectivamente. El algoritmo MaxEnt se basa en el principio de máxima entropía para desarrollar modelos de nicho ecológico, y determinar la distribución geográfica más probable para una especie, a través de datos de ocurrencia y variables ambientales. MaxEnt calcula la probabilidad de ocurrencia de la especie buscando la distribución lo más uniforme posible (Phillips et al., 2006), de tal manera que el resultado es un modelo que expresa el valor más adecuado del potencial para la especie en función de las variables ambientales utilizadas. Un valor alto de la función de distribución indica que éste presenta condiciones favorables para encontrar dicha especie (Phillips y Dudik, 2008; Morales, 2012).

Objetivo

En el escenario actual identificar áreas para establecimiento de plantaciones de *Agave potatorum* Zucc utilizando los algoritmos (MaxEnt y Random Forests) para modelar la distribución espacial de Mexico.

Materiales y métodos

Se utilizaron diferentes coberturas raster (climáticas, edafológicas y topográficas) en los modelos. Diecinueve coberturas bioclimáticas se obtuvieron del repositorio del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático – UNIATMOS (https://uniatmos.atmosfera.unam.mx/), con un tamaño de pixel aproximado de 900 m por 900 m. Nueve coberturas edafológicas: densidad aparente, textura, capacidad de intercambio cationico, nitrogeno total, pH, contenido de carbono orgánico y tipo de suelos; se descargaron de la página SoilGrid de International Soil Reference and Information Centre

(https://www.isric.org/explore/soilgrids). Finalmente, tres coberturas topográficas: altitud, pendiente y orientación fueron generadas del continuo de elevación mexicano disponible en la página electrónica de INEGI (https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/). Se utilizaron todas estas capas por ser las más recientes y disponibles La distribución espacial del cultivo de Agave se modeló con dos algoritmos: MaxEnt (ME) y Random Forest (RF) por ser contrastantes y diferentes en la distribución de especies. Se delimitó el área de distribución viable a la superficie destinada a agricultura, tanto de temporal como de riego, de acuerdo con el mapa de Uso de Suelo y Vegetación serie VII de INEGI. Adicionalmente, se consideró la superficie donde las condiciones de la especie son óptimas en precipitación, temperatura, altitud, pendiente, pH y uso actual del suelo. Por último, se compararon las superficies obtenidas en el escenario actual para determinar la influencia de este en la aptitud de la tierra para *Agave potatorum* Zucc en el futuro. Los potenciales se clasificaron en alto (mayor de 50), mediano entre (30 a 50) y bajo (menor de 30) toneladas de materia prima.

Resultados y discusión

En el analisis con 31 variables al utilizar la prueba de Pearson, resultaron 9 variables como las de mejor representación para la distribución actual de *Agave potatorum* Zucc y con baja correlación.
De acuerdo con los datos generados de MaxEnt el area bajo la curva (AUC) del modelo generado para México fue de 0.898 con la especie *Agave potatorum* Zucc (Figura 1). Mientras que los valores de RandomForest arrojaron un valor de AUC de 0.931. De acuerdo con Araújo y Guisan (2006) en su clasificación de valores AUC para la presición de modelos se trata de un modelo bueno y excelente.

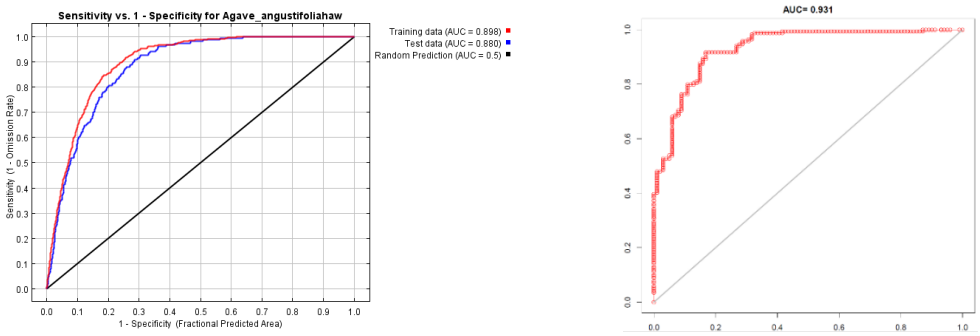


Figura 3. Valores AUC en MaxEnt y AUC en Randon Forest en R

La distribución actual en superficie de *Agave potatorum* Zucc para México mostró tener un alto potencial para el establecimiento de plantaciones de Agave. Sobre todo, en el estado de Oaxaca por ser un estado que tenia una buena cantidad de registros, seguido por Puebla y una pequeña área en Guerrero. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) tan solo para el 2022, el estado de Oaxaca solo reportó 372.7 hectareas sembradas de agave mezcalero y sin reporte de superficie cosechada. La superficie potencial actual en México estimada de la especie *Agave potatorum* Zucc de acuerdo al modelo de MaxEnt se caracterizó con alto potencial a 0.001 % del total del estado (2,372 ha), un valor medio en 0.04 % (74,850 ha), un valor bajo con 0.09 % (1,679,99 ha (Figura 2). La superficie potencial actual de la especie *Agave potatorum* Zucc de acuerdo con el modelo generado con RandomForest en R se caracterizó con alto potencial en 0.06 % del total del estado (11,710 ha), un valor medio en 0.06 % (119,589 ha), un valor bajo con 0.10 % (198,168 ha), la superficie. Random Forest tiende a sobreestimar las superficies potenciales de acuerdo a revisiones de literatura y la especie ademas tiene requerimientos amplios de variables climaticas, edafológicas y topográficas.

Delgado menciona en 2015 que los resultados son importantes para la gestión y conservación del *Agave potatorum* Zucc y son cruciales debido a su importancia ecológica, cultural y económica, especialmente en la producción de mezcal y otras bebidas tradicionales. Su manejo sostenible protege la biodiversidad, previene la erosión del suelo y asegura la continuidad de las prácticas culturales asociadas a esta especie.

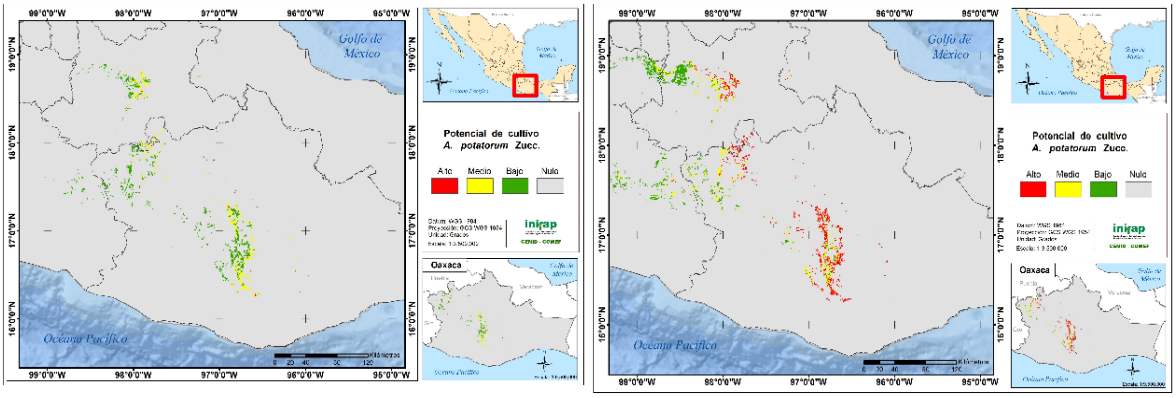


Figura 2. Probabilidad de distribución actual de *Agave potatorum* Zucc (izquierda: MaxEnt; derecha: Random forests).

Cuadro 1. Superficies estimadas actuales de potencial por modelo para *Agave potatorum* Zucc

Modelo/Potencial	Alto mayor 0.75	Medio 0.50 a 0.75	Bajo 0.25 a 0.50
Maxent	2,372 ha	74,850 ha	16,799 ha
Random forest	11,710 ha	119,589 ha	198168 ha

Conclusiones

Las herramientas de modelado espacial para modelos de distribución de especies basadas en métodos no paramétricos ofrecen una alternativa apropiada para el establecimiento actual de plantaciones de *Agave potatorum* Zucc.

El modelo MaxEnt fue el que obtuvo menor la superficie potencial actual para el establecimiento de plantaciones *Agave potatorum* Zucc.

El modelo de Random forest estimó mayor área potencial para plantaciones de *Agave potatorum* Zucc.

Lo anterior permite conocer las áreas para ampliar la superficie de plantaciones de *A. potatorum* Zucc en México; sin ocasionar riesgos de extinción, aumentar su conservación y producción sostenible en el futuro

Agradecimientos y fuente financiera

El presente trabajo forma parte del proyecto “Sistema de información interdisciplinario para el manejo sustentable agave mezcalero”, financiado por el INIFAP.

Referencias bibliográficas

García-Morales, P. A., Velasco-Velasco, V. A., Enríquez del Valle, J. R., Ruíz-Luna, J., & García Mendoza, A. J. (2023). ESCENARIOS DE DISTRIBUCIÓN DE Agave potatorum Zucc. ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO (Distribución de Agave potatorum Zucc.). Revista Mexicana De Agroecosistemas,10(1). https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.374

Gaytan, Marie & Valenzuela-Zapata, Ana Guadalupe. (2012). Más allá del mito: mujeres, tequila y nación. Mexican Studies/Estudios Mexicanos. 28. 183-208. 10.1525/msem.2012.28.1.183.

GBIF. (2023). SEARCH PRESENCE RECORDS. Obtenido de Global Biodiversity Information Facility: https://www.gbif.org/es/occurrence/download?taxon_key=2766846&occurrence_status=present

Delgado Lemus, América Minerva. (2015). "Aspectos ecológicos, culturales y económicos del aprovechamiento de agave potatorum en el valle de Tehuacán-Cuicatlán". (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de https://repositorio.unam.mx/contenidos/79288

Vega-Vera, N. V., & Pérez-Akaki, P. (2017). Oaxaca y sus regiones productoras de mezcal: Un análisis desde cadenas globales de valor Prospectivas Rurales. Nueva Época, 29, 103–132.https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivasrurales/article/view /9286/11001

CONTRIBUCIÓN FUNCIONAL DE LOS MACROMICETOS EN TRATAMIENTOS SILVÍCOLAS EN UN BOSQUE TEMPLADO

Leticia Bonilla-Valencia[1*], Marisela Cristina Zamora-Martínez[1], Rocío Sánchez-Colín[2]
[1]CENID COMEF, INIFAP, [2]Prestador de Servicios Profesionales

*Autora para correspondencia: bonilla.leticia@inifap.gob.mx

Palabras clave. Procesos ecológicos, rendimiento forestal, humedad relativa

Introducción

Los bosques templados son sistemas complejos en estructura, composición y función, a través de los cuales se mantienen diferentes procesos y funciones ecológicas (Dawson et al., 2019). Los macromicetos participan en diversas funciones del ecosistema como la degradación de la materia orgánica, la formación de suelo y en interacciones simbióticas mutualistas, además representan un recurso no maderable de importancia económica y social. Sin embargo, en los bosques templados existe escaso conocimiento sobre la contribución funcional ecológica de los macromicetos (Dawson et al., 2019). El manejo forestal sustentable requiere de estudios que describan la dinámica del rendimiento de las especies (Návar-Cháidez y González-Elizondo, 2009). Por lo cual, analizar los atributos funcionales de las especies fúngicas permite comprender su contribución en los procesos y funciones ecológicas y su respuesta ante el manejo forestal. Los atributos funcionales son características cualitativas o cuantitativas, morfológicas, fisiológicas, fenológicas o reproductivas que afectan el rendimiento de los organismos bajo diferentes condiciones ambientales, y determinan su contribución en los procesos y funciones ecológicas (Niego *et al.,* 2023). El conocimiento del estado funcional permite fortalecer esquemas de manejo forestal que no solo promuevan la producción, sino también favorezcan la conservación de la estabilidad ecológica (Návar-Cháidez y González-Elizondo, 2009). En el ámbito internacional hay varios estudios sobre el impacto de las prácticas silvícolas en los primeros años después de la intervención, sin embargo, el efecto a largo plazo sobre la funcionalidad de los hongos macromicetos ha sido poco explorado (Tomaoa et al., 2017).

Objetivo

Evaluar la variación de los atributos funcionales de los macromicetos identificados en cinco tratamientos silvícolas aplicados en el ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla, con propósito de determinar cómo el manejo influye en la composición funcional.

Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en la subcuenca: río Laxaxalpan de la región: Chignahuapan-Zacatlán, y pertenece al ejido Emiliano Zapata (superficie de 249.6500 ha), cuyos bosques se gestionan con los métodos de Desarrollo Silvícola y el Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares, las especies dominantes son *Pinus patula* (2,745-2,834 msnm) y *Abies religiosa* (2,740-2,919 msnm), respectivamente. Mediante un diseño de muestreo sistemático, se establecieron 23 parcelas de monitoreo circulares de 1000 m^2 con una separación de 100 m entre ellas. Los tratamientos silvícolas considerados fueron; corta de selección (SE), corta de regeneración (CR), corta de liberación (CL), aclareo 2 (A2) y aclareo 3 (A3). Se realizó un recorrido semanal durante 12 semanas (agosto-octubre de 2024), en los cuales se recolectaron los esporomas y se determinaron atributos funcionales cualitativos como el color del píleo, relacionado con la pigmentación; textura del píleo, que participa con la retención de humedad; localización, que determina el uso de recursos y tipo de himeneo relacionado con la reproducción. Asimismo, se registraron sus atributos cuantitativos: peso total del esporoma, el diámetro del píleo, la longitud del estípite y el largo del himeneo; los cuales están directamente relacionados con la utilización de recursos y la reproducción (Dawson et al., 2019). Con los datos cualitativos se construyó un diagrama de cuerdas, mediante una matriz de datos en donde las filas representaron los tratamientos silvícolas y las columnas las abundancias de las especies. Las conexiones (cuerdas) reflejaron la fuerza de asociación por su abundancia relativa. Posteriormente, para determinar diferencias significativas por el tratamiento silvícola, se determinó la media

ponderada de la comunidad (MPC) de cada atributo cuantitativo y se realizó una prueba de Kruskal-Wallis (p<0.005), todos los análisis se realizaron en el programa R.

Resultados

Se identificaron 43 especies de macromicetos, de las cuales las cinco más dominantes fueron: *Gymnopus dryophilus* (1 993), *Ramaria aff. flava* (415), *Infundibulicybe gibba* (181), *Gymnopilus penetrans* (175) y *Laccaria laccata* (127). Los resultados demostraron que la mayoría de los tratamientos silvícolas presentaron una alta contribución de macromicetos con texturas de píleo suaves, saprobios, con un himeneo lamelado (Figura 1). No obstante, el tratamiento SE mostró una alta proporción de especies con píleos amarillos. El tratamiento de CR presentó la menor contribución de atributos funcionales al sistema; por el contrario, el tratamiento A3 registró la mayor contribución funcional y una alta proporción de cuerpos gelatinosos y elásticos; tanto A2 como A3 tuvieron una mayor proporción de especies con texturas suaves y hábitos terrícolas (Figura 1). En cuanto a los atributos cuantitativos, se encontraron diferencias significativas entre A2 y CR para el diámetro del píleo y entre A2 y A3 para el largo del himeneo (Figura 2). Para los cuatro atributos cuantitativos, el tratamiento A2 presentaron valores altos y SE presentaron valores bajos (Figura 2).

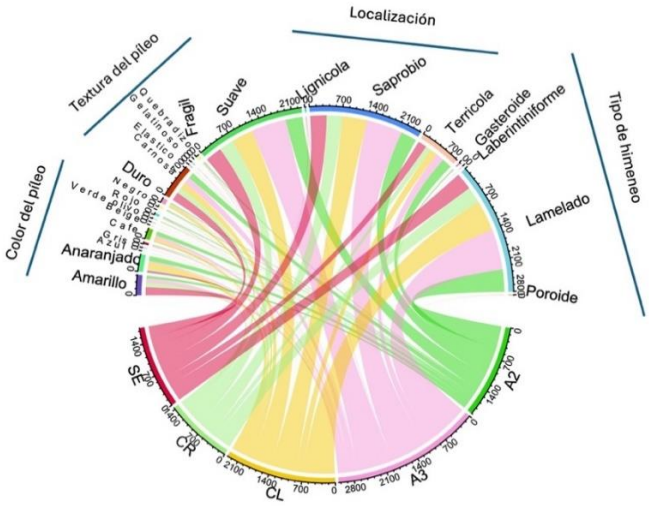


Figura 1. Diagrama de cuerdas que relaciona los sitios silvícolas con los atributos funcionales de las especies de macromicetos. Las siglas representan, SE: corta de selección, CR: corta de regeneración, CL: corta de liberación, A2: aclareo 2, A3: aclareo 3.

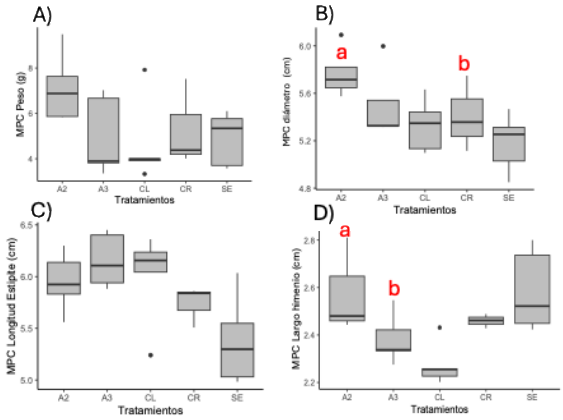


Figura 2. Boxplot de los atributos funcionales cuantitativos. Las siglas representan, SE: corta de selección, CR: corta de regeneración, CL: corta de liberación, A2: aclareo 2, A3: aclareo 3. A) Peso del esporoma, B) diámetro del píleo, C) Longitud del estípite D) Largo del himeneo. Letras rojas diferentes indican diferencias significativas.

Discusión

Los resultados sugieren que las actividades de manejo silvícola influyen directamente en la variación y composición de los atributos funcionales de los macromicetos, lo cual, puede determinar, su aprovechamiento de los recursos y su contribución en los procesos y funciones ecológicas. La dominancia de especies saprobias con píleos suaves e himeneos lamelados en la comunidad sugiere una alta contribución en procesos como la descomposición de la materia orgánica (por ejemplo: *Gymnopus dryophilus*). El tratamiento de A3 presentó una mayor variedad de atributos cualitativos y altos valores de los cuatro atributos cuantitativos, lo que representa una mayor contribución funcional, debido a una mayor capacidad reproductiva individual y mayor biomasa, lo que potencia procesos del ciclo de nutrientes del suelo (Niego et al., 2023) probablemente debido a la generación de microambientes promovidos por la vegetación secundaria que favorece la coexistencia de especies fúngicas con diferentes funciones ecológicas (Niego et al., 2023). Estudios previos han demostrado que el manejo silvícola puede promover la apertura de nichos disponible para las especies (Tomao et al., 2020). Además, la mayor presencia de cuerpos fructíferos con características gelatinosas favorece la retención de humedad y contribuye en funciones como la estabilidad del sustrato (Dawson et al., 2019). La presencia de especies hidrofílicas con capacidad de establecerse en condiciones de manejo, representan cierta capacidad de resiliencia (Niego et al., 2023). Contrario a lo que se esperaba, los altos valores del peso del esporoma, diámetro del píleo y largo del himeneo en los tratamientos A3, y los valores menores en los tratamientos SE indican que la luz puede ser un factor ambiental que contribuye con el crecimiento de las estructuras de los macromicetos, y que las especies están adaptadas a condiciones específicas derivadas del manejo.

Conclusiones

El efecto de los tratamientos silvícolas determina significativamente la composición y variedad de atributos funcionales de macromicetos, el tratamiento A3 presenta una mayor contribución funcional de atributos en comparación con CR, debido a la generación de microhábitats. Las prácticas silvícolas muestran efectos en los atributos cuantitativos y cualitativos, relacionados con procesos como la descomposición, el ciclo de nutrientes y retención de humedad del suelo.

Agradecimientos

A los técnicos de la Consultoría de Fomento Ambiental y Desarrollo Social de Comunidades Forestales S.C. por su colaboración en el muestreo de campo.

Fuente financiadora

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias a través del proyecto estratégico forestal: "Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático".

Referencias bibliográficas

Dawson, S. K., Boddy, L., Halbwachs, H., Bässler, C., Andrew, C., Crowther, T. W., T. W., Heilmann-Clausen, J., Nordén, J., Ovaskainen, O., & Jönsson, M. & Jönsson, M. (2019). Handbook for the measurement of macrofungal functional traits: A start with basidiomycete wood fungi. *Functional Ecology*, *33*(3), 372-387.

Návar-Cháidez, J. D. J., & González-Elizondo, S. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, (27), 71-87.

Niego, A. G. T., Rapior, S., Thongklang, N., Raspé, O., Hyde, K. D., & Mortimer, P. (2023). Reviewing the contributions of macrofungi to forest ecosystem processes and services. *Fungal Biology Reviews*, *44*, 100294.

Tomao, A., Bonet, J.A., Castaño, C., & de-Miguel, S. (2020). How does forest management affect fungal diversity and community composition? Current knowledge and future perspectives for the conservation of forest fungi. *For.Ecol. Manage*. *457*: 117678.

INCREMENTO EN DIÁMETRO PARA *Swietenia macrophylla* King. EN QUINTANA ROO, MÉXICO

Jonathan Hernández-Ramos[1], Alfredo Esteban Tadeo-Noble[2], Xavier García-Cuevas[3], Alberto Santillán-Fernández[2], David Del Ángel-Santos[4], y Adrián Hernández-Ramos[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarios (INIFAP)-Campo Experimental Bajío. [2]SECIHTI-COLPOS Campus Campeche. [3]INIFAP-Campo Experimental Chetumal. [4]Consultor forestal independiente, Ejido Petcacab. [5]INIFAP-Campo Experimental Saltillo.

*Autor para correspondencia: hernandez.jonathan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Caoba, relación alométrica, manejo forestal.

Introducción

Swietenia macrophylla King. (Caoba), es una especie forestal valorada en el trópico americano debido a su atractivo color, excelente calidad y trabajabilidad de su madera. En México ha sido objeto de un aprovechamiento intensivo, lo que hace imprescindible la implementación de estrategias de conservación. Entre estas medidas, es fundamental garantizar condiciones óptimas para su repoblamiento y reajustar los ciclos de aprovechamiento actuales, con base en los incrementos observados (Snook, 2000).

El incremento en diámetro normal (d, cm año^{-1}) es uno de los principales indicadores utilizados para evaluar el crecimiento de árboles, estimar su potencial y tiempo de aprovechamiento. Se ha demostrado que *S. macrophylla* presenta tasas de crecimiento variables, influenciadas por las condiciones del sitio, la edad, régimen silvícola, y el manejo aplicado (García *et al.*, 1992; Hernández-Ramos *et al.*, 2020). La evaluación de plantaciones forestales ha revelado diferencias significativas en las tasas de crecimiento, de esta especie según su ubicación, lo que enfatiza la importancia de adaptar los esquemas silvícolas a las condiciones locales para optimizar los crecimientos, rendimientos en volumen y calidad de madera (Rueda *et al.*, 2021).

La determinación del crecimiento se ha consolidado como una herramienta clave para la planificación del aprovechamiento forestal (Hernández-Ramos *et al.,* 2018). Mediante mediciones periódicas del diámetro normal en *S. macrophylla* es posible obtener su edad, estimar el tiempo de paso y optimizar los ciclos de corta, lo que resulta fundamental para el diseño de programas de manejo y la aplicación de prácticas silviculturales en Quintana Roo, México (Hernández-Ramos *et al.,* 2020).

Objetivo

Calcular el incremento corriente anual en diámetro normal de árboles de *S. macrophylla* dentro de rodales naturales en Quintana Roo, México.

Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en el ejido Petcacad, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México. El clima es cálido subhúmedo (Aw), con régimen de lluvias predominante en verano, una precipitación media anual de 1 300 mm y temperatura que oscila entre los 24.6 °C y 28.4 °C. Los meses más secos son febrero, marzo y abril, con niveles de humedad inferiores al 17 %. La vegetación predominante corresponde a un bosque tropical subperennifolio, con alturas que oscilan entre 15 y 30 m.

En 2012 se seleccionaron 512 árboles individuales dominantes en crecimiento vertical en rodales de *S. macrophylla*; 302 árboles fueron considerados como testigo a los cuales no se les aplico ninguna poda o limpieza de lianas, mientras que a 209 individuos se les aplicaron podas de ramas bajas y se les realizó una limpieza de lianas (tratamiento cultural). En cada árbol, a una altura de 1.3 m sobre el fuste, se instaló una banda dendrométrica de aluminio graduada en milímetros para registrar el crecimiento de d en diferentes períodos de tiempo (t). El incremento corriente anual (ICA) por categoría diamétrica (CD) para

el periodo de estudio (t años, cm año^{-1}) se cuantifico a partir de la diferencia entre el d final (df) y el d inicial (di), dividida entre la variación temporal entre el tiempo final (tf) y tiempo inicial (ti) (Hernández-Ramos *et al*., 2020). El ICA porcentual se estimó a partir del incremento de un testigo entre el ICA resultado de la aplicación de podas o de la apertura de espacios para favorecer el crecimiento horizontal a través de cortas de cosecha al eliminar los individuos con dimensiones en el d mayores a 80 cm, como se indica:

$$ICA(cm) = \frac{(df-di)}{(tf-ti)} \text{ y } TC(\%) = \left(\frac{ICA_{Test}}{ICA_{Trat}}\right) * 100$$

Donde ICA: incremento corriente anual (cm año^{-1}), df: diámetro final (cm), di: diámetro inicial (cm), ti: tiempo inicial (años), tf: tiempo final (años), ICA_{test}: ICA del testigo, ICA_{trat}: ICA del tratamiento, TC (%): es la tasa de crecimiento diferencial entre el testigo y el tratamiento.

Los incrementos por CD del testigo y de los árboles en las áreas con tratamiento, se contrastaron mediante una prueba *t* de Student de muestras pareadas, con una confiabilidad del 95 %, para identificar diferencias significativas en el crecimiento en diámetro.

Resultados y discusión

En la evaluación del incremento durante un período de 13 años, los árboles medidos presentaron valores en diámetros entre 40 y 85 cm. Sin embargo, la comparación se realizó únicamente hasta la categoría de 75 cm, ya que, al final del estudio (2025), todos los árboles en ese intervalo fueron conservados, mientras que, los árboles mayores de 80 cm en d fueron eliminados en el tratamiento de cortas de cosecha. Los incrementos observados varían entre categorías, pero la tendencia indica que los árboles testigo continúan su crecimiento natural a un ritmo promedio de 0.49 cm año^{-1}. En contraste, en rodales donde se aplicaron tratamientos, el incremento promedio se elevó a 0.75 cm año^{-1} (Cuadro 1). En la figura 1b, se observa una tendencia del incremento porcentual diferencial entre CD en los 13 años de crecimiento para los árboles testigo y los del tratamiento, a mayores diámetros, la velocidad de crecimiento todavía es constante cuando se aplica una corta de regeneración y se abren espacios de crecimiento (Cuadro 1 y Figura 1b).

Cuadro 1. Incremento corriente anual (ICA, cm año^{-1}) para *Swietenia macrophylla* en el ejido Petcacab, Quintana Roo, México.

CD (cm)	$NA_{Testigo}$	$ICA_{Testigo}$	$NA_{Tratamiento}$	$ICA_{Tratamiento}$	TC%
40	12	0.07	12	0.25	28.0
45	64	0.21	29	0.40	52.5
50	104	0.32	58	0.57	56.1
55	77	0.42	46	0.58	72.4
60	32	0.51	38	0.82	62.2
65	6	0.66	21	1.06	62.3
70	5	0.59	1	1.12	52.7
75	1	0.73	4	1.20	60.8
80	1	1.36			
85	1	0.05			

CD: categoría diamétrica (cm), NA: número de árboles, TC: tasa de crecimiento entre los tratamientos (%).

El ICA registrado en este trabajo tanto para el testigo (0.49 cm año^{-1}) como para el tratamiento cultural (0.75 cm año^{-1}) es inferior a lo reportado para este intervalo de CD por Hernández-Ramos *et al.* (2020) de 1.20 cm año^{-1}, pero superior a lo señalado por Snook (2000), 0.44 cm año^{-1}, situación muy probablemente dada por las condiciones de los rodales evaluados y el manejo que han recibido a lo largo de la vida de los árboles. Una vez comprobado que no hay valores atípicos en la diferencia entre los dos grupos relacionados, así como el cumplimiento de la normalidad (Shapiro-Wilk: W=0.90, *p=0.289*), la comparación mediante una prueba *t* de Student de muestras pareadas indica diferencias significativas (t=-6.2, p<0.001) y un tamaño del efecto en la prueba relativamente pequeña (d de Cohen=-2.19), esto indica, que el ICA

entre el testigo y el tratamiento es estadísticamente diferente, siendo mayor en los árboles expuestos a prácticas silvícolas.

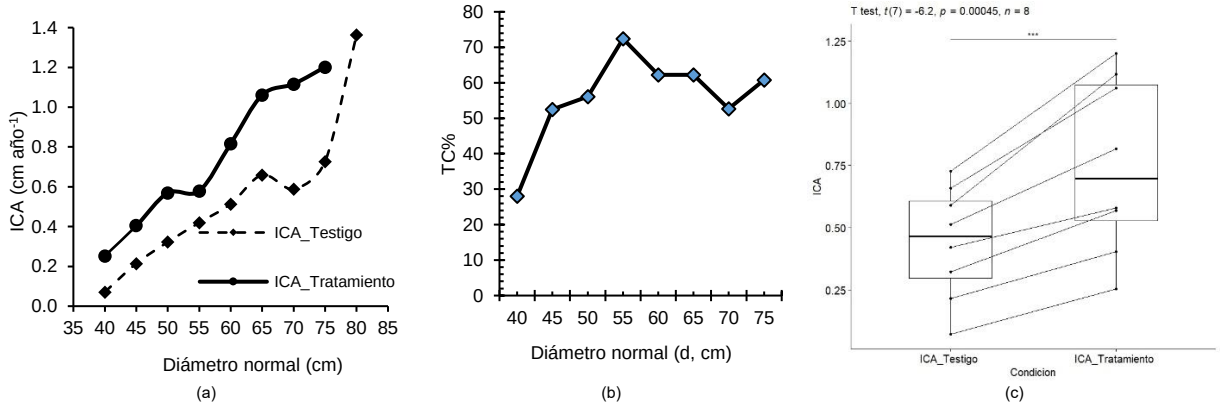


Figura 1. Tendencia del incremento corriente anual (ICA, cm año^{-1}) (a), incremento porcentual entre dos tratamientos (TC %) (b), y prueba t de Student de las muestras pareadas (c) para *Swietenia macrophylla* King en Petcacab, Quintana Roo, México.

Conclusiones

Las labores culturales aplicadas y la eliminación de arbolado con diámetros mayores de 80 cm tuvieron un efecto positivo significativo en el incremento del diámetro en árboles residuales de menores dimensiones de *Swietenia macrophylla* en rodales naturales de Quintana Roo, México. El incremento corriente anual en individuos bajo tratamiento silvícola fue de 0.75 cm año^{-1}, en comparación con 0.49 cm año^{-1} en los árboles testigo, lo que representa un aumento diferencial promedio del 55.88 %. El análisis por categorías diamétricas mostró que el crecimiento se mantuvo constante bajo condiciones de labores culturales y manejo silvícola. Esto sugiere que la intervención forestal estimula el crecimiento en etapas tempranas y favorece un desarrollo sostenido en etapas avanzadas del ciclo de vida del árbol.

Referencias bibliográficas

García, X. C., Lezama, C. P., & Santiago, B. R. (1992). Modelos de crecimiento para una plantación de caoba (*Swietenia macrophylla* King). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *17*(71), 87-102.

Hernández-Ramos, J., Valdez-Hernández, J. I., García-Cuevas X., Tadeo-Noble A. E. & Reyes-Hernández V. J. (2020). Estimación de la edad de *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) a partir del diámetro normal en poblaciones del sureste mexicano. Revista de Biología Tropical, 68(1), 200–213.

Hernández-Ramos, J. H., Hernández-Ramos, A., García-Cuevas X., Tamarit-Urias J. C., Martínez-Ángel L. & García-Magaña J. (2018). Ecuaciones de volumen total y de razón para estimar el volumen comercial de *Swietenia macrophy*lla King. Colombia Forestal, 21(1), 34-46.

Rueda S., A., Benavides S., J. D., Sáenz R., J T., Muñoz F., H. J., Castillo Q., D. & Sáenz C., J. E. (2021). Evaluación de plantaciones de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. y *Swietenia macrophylla* King en el Centro-Occidente de México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 12(67), 130–153.

Snook, L. K. (2000). Regeneración y crecimiento de la Caoba (*Swietenia macrophylla* King) en selvas de Quintana Roo. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 6(2), 141–153.

DISTRIBUCIÓN ALTITUDINAL DEL GÉNERO *Dendroctonus* EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE

Ángel Emmanuel Cruz-Estrada[1*], Víctor Arriola-Padilla[1], Francisco Reséndiz-Martínez[1], Ramiro Pérez-Miranda[1], Vidal Guerra-De la Cruz[2], Elizabeth González-Corona[1]

[1]CENID COMEF, INIFAP; [2]S. E. Tlaxcala, INIFAP.

*Autor para correspondencia: cruz.angel@inifap.gob.mx

Palabras clave. insectos descortezadores, distribución poblacional, transecto altitudinal.

Introducción

El Parque Nacional La Malinche se ubica en los estados de Tlaxcala y Puebla en la región centro-oriente de México, alberga extensos bosques de coníferas, los cuales se extienden a lo largo de un gradiente altitudinal que va desde los 2,500 hasta los 4,000 m s. n. m. Estos ecosistemas cumplen funciones esenciales como la regulación del ciclo del carbono, la conservación de la biodiversidad y la protección de cuencas hidrográficas, además, proveen bienes y servicios que sustentan a diversas comunidades. Sin embargo, desde el 2018 se enfrentan una amenaza creciente por la infestación de los insectos descortezadores del género *Dendroctonus*, que han provocado una elevada mortalidad de pinos (Sánchez-Martínez *et al.*, 2023). Comprender las dinámicas poblaciones del escarabajo descortezador es fundamental para diseñar estrategias de manejo orientadas a su prevención y control. Por tal motivo el presente trabajo tiene como objetivo analizar la distribución altitudinal del género *Dendroctonus* en dos transectos del Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, con el propósito de identificar las especies predominantes y los patrones de abundancia temporal.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Parque Nacional La Malinche, en el Estado de Tlaxcala, México. Se establecieron dos transectos altitudinales: uno con orientación norte-sur y otro con orientación noroeste-sureste en la parte norte de esta montaña. Cada transecto incluyó ocho sitios de muestreo distribuidos cada 100 m de elevación, desde los 2,614 hasta los 3,614 m s. n. m. (Figura 1). En cada sitio se instaló una trampa tipo Lindgren de 12 embudos cebado con un complejo de atrayentes: frontalina + *endo*-brevicomina + mezcla de monoterpenos (Synergy Semiochemicals Corp), los cuales se fueron renovadas cada dos meses.

El monitoreo se realizó mensualmente de octubre a diciembre de 2023. Los insectos recolectados se conservaron en frascos con alcohol al 70 % y fueron identificados en el Laboratorio de Entomología Forestal del CENID-COMEF, INIFAP, mediante características de la morfología externa, utilizando la clave taxonómica de Armendáriz-Toledano *et al*. (2018).

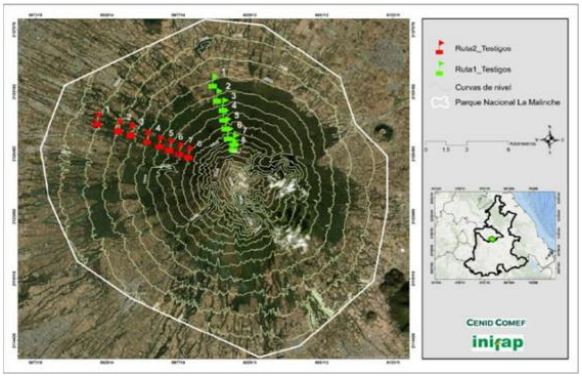


Figura 1. Ubicación de transectos altitudinales y sitios de muestreo para el monitoreo de *Dendroctonus* spp. en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México. (transecto 1, verde; transecto 2, rojo)

Resultados y discusión

Por las condiciones geográficas y la distribución de la vegetación de la montaña La Malinche, los transectos abarcaron diferentes altitudes. El transecto 1 (norte-sur) abarcó de 2,920 a 3,614 m s. n. m., mientras que el 2 (noroeste-sureste) comprendió de 2,614 a 3,320 m s. n. m., con un rango de traslape de 400 m entre ambos.

En los dos transectos se detectó un patrón de mayor abundancia de *Dendroctonus* entre los 3,000 y 3,100 m s. n. m., siendo la altitud cercana a 3,020 m., la que concentró el mayor número de individuos: 414 en el transecto 1 y 336 en el transecto 2. Estos resultados son similares a los de Ruiz-González *et al*. (2018), quienes encontraron una mayor abundancia de insectos descortezadores a 3,000 m s.n.m. en Coahuila, México.

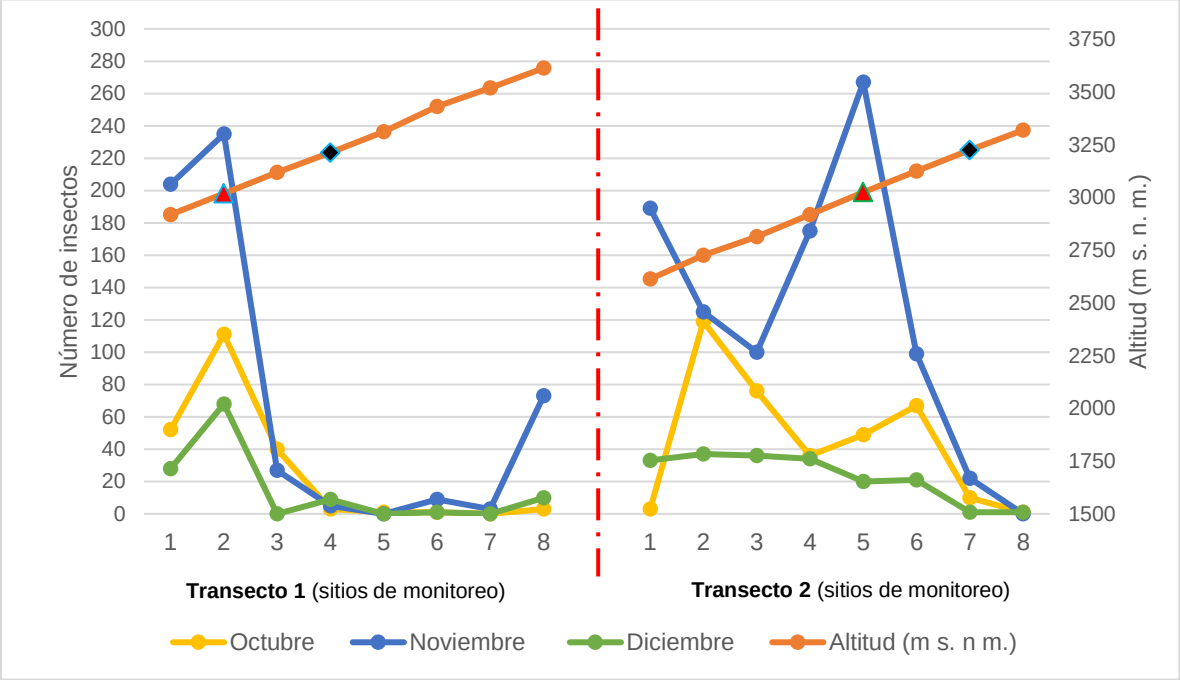


Figura 2. Distribución altitudinal del género *Dendroctonus* en el parque Nacional la Malinche, Tlaxcala, México.

Las capturas máximas de descortezadores ocurrieron en noviembre, con 235 individuos en el sitio de muestreo 2 (transecto 1), y 267 en el sitio de muestreo 5 (transecto 2) (Figura 2). La abundancia de insectos descortezadores disminución progresivamente en ambos transectos a mayor altitud. En los sitios situados a 3,213 m s. n. m. (transecto 1, sitio 4) y 3,225 m s. n. m. (transecto 2, sitio 7), se registraron solo 17 y 33 individuos, respectivamente. El muestreo en la altitud más alta, 3,311 (sitio 5, transecto 1) y 3,320 m s.n.m (sitio 8, transecto 2), la abundancia fue mínima, con 1 y 2 insectos, respectivamente.

El transecto 2 acumuló un total de 2,422 superando por 1.84 veces al transecto 1 que registró 1,314 insectos. Esta diferencia podría estar relacionada a una mayor perturbación antropogénica en la exposición este-oeste, como la tala clandestina y el cambio de uso de suelo (agricultura). González-Corona *et al*. (2025), señala que este tipo de alteraciones generan desequilibrios ecológicos que pueden afectar la distribución y abundancia de los descortezadores (Cuadro 1).

En este estudio se identificaron tres especies, la más abundante fue *Dendroctonus mexicanus* en ambos transectos, seguida de *Dendroctonus frontalis* (especialmente en altitudes bajas) y *Dendroctonus adjunctus* la menos abundante (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número total de insectos capturados en los transectos y número de insectos por especie en cada transecto.

	Transecto 1				Transecto 2			
	D. adjunctus	*D. frontalis*	*D. mexicanus*	Total	*D. adjunctus*	*D. frontalis*	*D. mexicanus*	Total
Octubre	16	105	91	303	3	154	204	565
Noviembre	85	215	256	812	185	232	561	1539
Diciembre	18	19	81	199	75	33	105	318
Total	119	339	428	**1314**	263	419	870	**2422**

Suma total de los insectos en los ocho puntos de cada transecto.

Conclusiones

Los insectos descortezadores en el Parque Nacional La Malinche presentaron una mayor abundancia a una altitud de 3,020 m s.n.m. en ambos transectos, con un pico de frecuencia registrado en el mes de noviembre. Las especies *Dendroctonus mexicanus* y *Dendroctonus adjunctus* fueron las más predominantes.

Es fundamental realizar un monitoreo continuo durante un año completo para analizar su distribución altitudinal y relacionar su abundancia con factores bióticos y abióticos, lo que permitirá comprender mejor los mecanismos que influyen en su dinámica poblacional.

Este conocimiento tiene implicaciones relevantes para la gestión y conservación de los ecosistemas forestales, ya que entender los patrones de distribución y fluctuación de estos insectos es clave para diseñar e implementar estrategias de manejo forestal más eficaces.

Agradecimientos y fuente financiadora

Esta investigación contó con el financiamiento del INIFAP a través del proyecto de investigación “Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático” con número SIGI: 8491236185. Agradecemos al personal de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, M. C. Ivón Marcela Chacón Romo Leroux (Encargada del despacho de los asuntos de competencia del Parque Nacional La Montaña Malinche) y Jorge Iván Ángeles Escudero (Analista del Área Natural Protegida) y al Geo. Abraham Sánchez Ramírez de la Comisión Nacional Forestal por su apoyo en la definición de sitios e instalación de trampas.

Referencias bibliográficas

Armendáriz-Toledano, F., Zúñiga, G., García-Román, L. J., Valerio-Mendoza, O., y García-Navarrete, P. G. (2018). *Guía ilustrada para identificar a las especies del género Dendroctonus presentes en México y Centroamérica*. Instituto Politécnico Nacional.

González-Corona, E., Cruz-Estrada Á. E., Reséndiz-Martínez, J. F., Arriola-Padilla, V. J., y Pérez Miranda, R. (2025). Análisis comparativo de la organización comunitaria y su vinculación en la conservación en tres áreas naturales protegidas. *En VII Congreso Internacional Abanico Veterinario, Agroforestal, Ambiental, Pesquero, Acuícola y del Mar*, (pp. 246-249). Editado por: El Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Abanico Académico y el Centro Educativo de Nayarit Siglo XX.

Sánchez-Martínez G., Arriola-Padilla V. J., Reséndiz Martínez J. F., y Cruz-Estrada A. E. (2023). *Evaluación de las acciones de control en áreas saneadas en el Área Natural Protegida Parque Nacional La Montaña Malinche, en Tlaxcala, a través del Programa Operativo Contra Insectos Descortezadores Forestales 2022*. Campo Experimental Pabellón, INIFAP.

Ruiz-González, C. G., Méndez-González, J, Cambrón-Sandoval, V. H., García-Aranda, M. A., Montoya-Jiménez, J. C., y Sosa-Díaz, L. (2018). Distribución altitudinal y estacional de *Dendroctonus adjunctus* Blandford y *Dendroctonus brevicomis* LeConte en Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *41*(4a), 519-526.

ESTIMACIÓN DE BIOMASA AÉREA MEDIANTE MUESTREO BIETÁPICO EN UN BOSQUE DE NANACAMILPA, TLAXCALA, MÉXICO

Efraín Velasco Bautista[1*], Martín Enrique Romero Sánchez[1]

[1]Cenid-Comef, INIFAP.

*Autor para correspondencia: velasco.efrain@inifap.gob.mx

Palabras clave: Muestreo en dos etapas, unidades de muestreo primarias, unidades elementales.

Introducción

Desde el punto de vista conceptual, el diseño de muestreo del Inventario Forestal y de Suelos de México (INFyS) considera cuatro Unidades de Muestreo Secundarias (UMS) dispuestas geométricamente (rumbos fijos) en forma de una Y invertida dentro de cada Unidad de Muestreo Primaria (UMP) (CONAFOR, 2018). En la práctica, debido a factores como las condiciones topográficas del terreno o a la inexactitud del Sistema de Posicionamiento Global, la geolocalización del centroide de las UMS presenta ligera variación del diseño teórico de la Y invertida (Ramos-Madrigal *et al*., 2024), lo que resulta en un patrón aleatorio y, en consecuencia, se genera un diseño por conglomerados en dos etapas. En este sentido, la varianza del estimador de la media o total debe tomar en cuenta la variabilidad entre y dentro de las UMP. En general, el muestreo por conglomerados conduce a menor costo que el aleatorio simple, pero su precisión es menor, lo cual se debe al grado de correlación de las observaciones en una misma UMP llamada correlación intra-clase. El efecto de excluir o incluir la variabilidad de los dos niveles de jerarquía en muestreo bietápico sobre la precisión del estimador ha recibido poca atención en la investigación forestal inferencial. Con base en lo anterior, y tomando en cuenta que el diseño de muestreo por conglomerados en dos etapas, además de utilizarse a gran escala en el INFyS, se emplea en otros estudios de investigación para la predicción de variables forestales, tales como biomasa o carbono en el contexto de la mitigación del cambio climático, resulta importante estudiar el estimador apropiado, así como su varianza, bajo condiciones de completitud de la UMP.

Objetivo

Evaluar el desempeño de un estimador insesgado de muestreo bietápico en la estimación de biomasa aérea por Unidad de Muestreo Secundaria en un bosque templado de Nanacamilpa, Tlaxcala.

Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en áreas forestales al oeste de Tlaxcala, México, en el municipio de Nanacamilpa; en la región conocida como Sierra Nevada, que se encuentra en la confluencia de dos zonas biogeográficas en el centro de México: neártica y neotropical, las cuales albergan bosques densos (Figura 1A). La vegetación dominante es bosque de coníferas con especies de *Pinus teocote*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*. Entre los 2,900 y 3,400 msnm predomina oyamel (*Abies religiosa*), que crece principalmente en las cañadas. En bajas proporciones existen el madroño (*Arbustus xalapensis*) y alnus (*Alnus firmifolia*). El muestreo de campo consistió en el establecimiento de 15 UMP a lo largo del área de estudio. Dentro de cada UMP, conforme al diseño del conglomerado del INFyS de México (CONAFOR, 2018) se posicionaron cuatro UMS. Debido a las condiciones topográficas del terreno y al efecto del dosel sobre la geolocalización de los centros de las UMS se generó un patrón aleatorio de estas. Entonces, el diseño de muestreo bietápico queda justificado. En total, se estudiaron 15 UMP y 60 UMS; cada UMP comprendió cuatro UMS (Figura 1B). Para cada árbol en la UMS, en campo se registró la especie, el diámetro normal (cm) y altura total (m); con modelos alométricos de la región de estudio se calculó la biomasa (kg) de manera individual. Luego, la biomasa se obtuvo a nivel de UMS. El análisis estadístico se realizó mediante códigos de programación dentro del ambiente de SAS® Versión 9.4. El estimador insesgado de la media por UMS para muestreo por conglomerados en dos etapas se consideró según Scheaffer *et al*. (2012, ecs. (9.1) a (9.4)). También se calculó la media y la varianza mediante muestreo aleatorio simple. Como criterios de comparación se utilizaron el Error de Muestreo Relativo (EMR al 95%),

y el efecto de diseño, definido como el cociente de la varianza del muestreo por conglomerados respecto a la varianza del muestreo aleatorio simple.

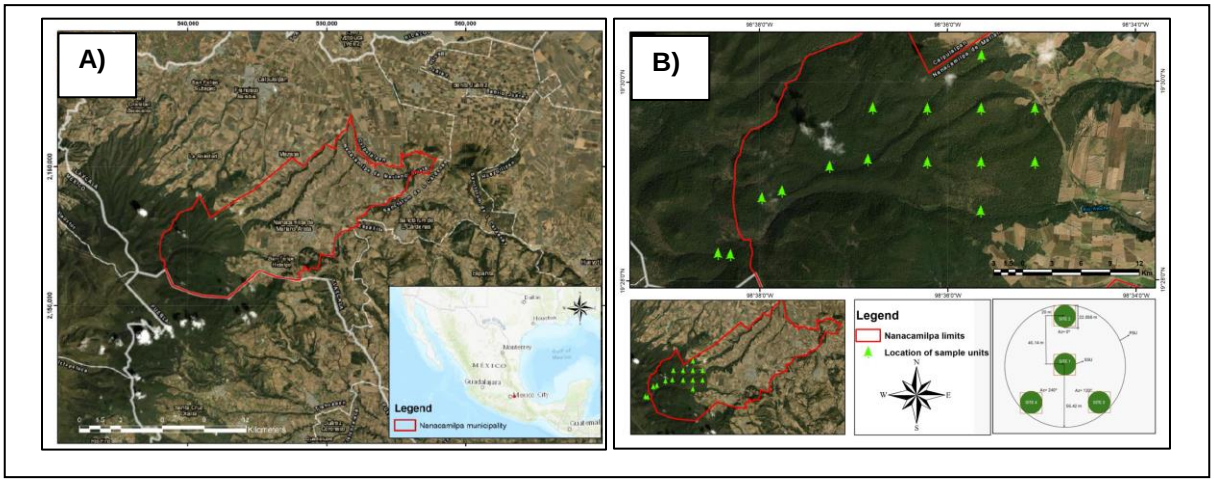


Figura 1. A) Área de estudio en Nanacamilpa, Tlaxcala, México. B) Diseño de muestreo y configuración de la UMP y UMS's. (Fuente Velasco *et. al*, 2024).

Resultados y discusión

La biomasa aérea por UMS presentó una media de 9,976 kg con una desviación estándar de 5,813 kg, un coeficiente de variación alrededor del 58%, un coeficiente de asimetría de 1.15 y una curtosis (apuntamiento) de 1.11. En consecuencia, la distribución de la biomasa resultó asimétrica a la derecha (Figura 2A). El Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI) fue de casi 43% entre observaciones dentro de las UMP, lo cual se refleja en que 9 UMP presentaron valores de biomasa con poca variabilidad, es decir, se concentraron alrdedor de su media (Figura 2B). Este resultado era de esperarse debido a la estructura conglomerada de las UMS's. Entonces, el estimador insesgado del muestreo por conglomerados en dos etapas queda justificado para la estimación de biomasa media por UMS.

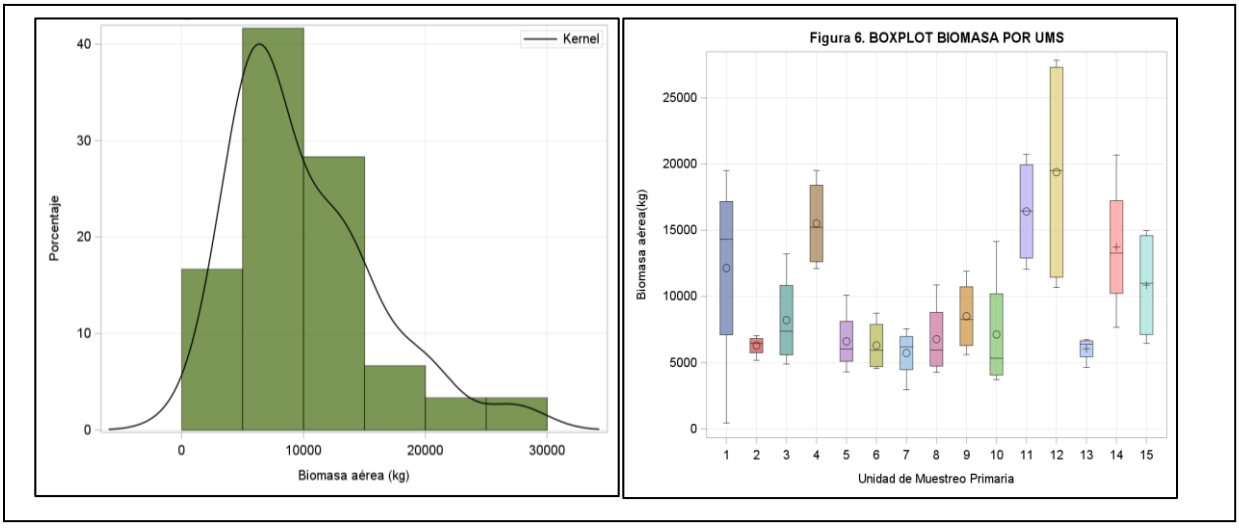


Figura 2. A) Distribución de biomasa aérea por UMS y B) Variabilidad dentro de las UMP's.

Mediante el estimador del muestreo por conglomerados en dos etapas se obtuvo una media por UMS de 9,976 kg, un error estandar de 1,1143 kg y un EMR de casi 23%; mientras que por el muestreo aleatorio simple también la media fue 9,976 kg, un error estándar de 750 kg y un EMR del 15%. En ambos métodos se utilizaron 60 observaciones, no obstante, en el primero se consideró la varianza entre y dentro de las UMP's, en tanto que el segundo, se supuso independencia y, en consecuencia, sólo se consideró la variabilidad entre las UMS. De hecho, el efecto de diseño resultó de 2.3, lo cual implica que el tamaño de muestra para obtener mediante muestreo por conglomerados en dos etapas el mismo EMR que a través de muestreo aleatorio simple sería de 140 UMS, lo que significa un incremento significativo en el levantamiento de la información de campo. Para disminuir el ERM sin incrementar el tamaño de muestra, se puede recurrir a la aplicación de estimadores que consideren variables auxiliares. Comúnmente, se utilizan dos clases de estimadores basados en diseño con datos de percepción remota: los estimadores estratificados y postestratificados, y los estimadores de regresión y diferencia asistidos por modelos. Con los estimadores estratificados y postestratificados, la población se divide en estratos derivados de los datos de percepción remota, de manera que la variabilidad de la variable dependiente dentro de los estratos sea menor que la variabilidad total. La media poblacional se estima como la suma ponderada de las medias dentro de cada estrato. Con los estimadores asistidos por modelos, se construye un modelo de la relación entre la variable dependiente de interés y las variables independientes auxiliares basadas en percepción remota, y se utiliza para predecir la variable dependiente en todas las unidades de muestreo poblacionales. En este caso, la media poblacional se estima como la media de todas las predicciones del modelo, con un término de ajuste que considera la diferencia media entre las observaciones y las predicciones, la cual compensa la inexactitud de las predicciones.

Conclusiones

El diseño de muestreo por conglomerados, caracterizado por presentar menor costo que el muestreo aleatorio simple, resultó de menor precisión (mayor varianza y EMR), lo cual se debe a la correlación que se origina entre observaciones de las UMS dentro de la misma UMP. En el presente estudio, si bien, la estimación media por UMS resultó la misma por ambos métodos estudiados, la varianza del estimador correspondiente al muestreo en dos etapas superó por más de doble a la varianza de la media de muestreo aleatorio simple; en el primer caso se toman en cuenta dos fuentes de variabilidad, mientras que en el segundo, solo se considera la variabilidad entre UMS, supuesto que no es realista dado que el coeficiente de correlación intraclase fue mayor al 40%.

Agradecimientos y fuente financiera

Fuente financiera: Proyecto "Estimación espacialmente explícita de biomasa forestal" financiado por INIFAP.

Referencias bibliográficas

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2018). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe de Resultados 2009–2014; CONAFOR, Zapopan, México. 199 p.

Ramos-Madrigal, R., de los Santos-Posadas, H. M., Valdez-Lazalde, J.R., Velasco-Bautista, E., Ángeles-Pérez, G., & Ortiz-Reyes, A. D. (2024). Evaluation of potential productivity in coniferous forests by integrating field data and aerial laser scanning in Hidalgo, México. *Forest Systems*, *33*(3), 20886. https://doi.org/10.5424/fs/2024333-20886

SAS Institute Inc. (2025). SAS/STAT ® User's Guide: The GLIMMIX Procedure. Cary, NC, USA. 370 p.

Scheaffer, R. L., Mendenhall III, W., Ott, R. L., & Gerow, K. G. (2012). Elementary Survey Sampling. 7th Edn. Cengage Learning. Boston, MA, USA. 452 p.

Velasco-Bautista, E., Gonzalez-Hernandez, A., Romero-Sanchez, M. E., Guerra-De La Cruz, V., & Perez-Miranda, R. (2024). Does It Matter Whether to Use Circular or Square Plots in Forest Inventories? A Multivariate Comparison. *Forests*, *15*(11), 1847.

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL MANEJO FORESTAL: CONTEXTO INTERNACIONAL Y NACIONAL MEDIANTE ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Juan Carlos Tamarit-Urias[1*], Elba Rojas-Díaz[2], Gerónimo Quiñonez-Barraza[3]

[1]Campo Exp. San Martinito, INIFAP; [2]CENID-COMEF, INIFAP; [3]Campo Exp. Valle del Guadiana, INIFAP.

*Autor para correspondencia: tamarit.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: análisis de redes semánticas, ciencia forestal, Scopus–VOSviewer.

Introducción

Los grandes problemas globales, principalmente ambientales, que enfrenta la humanidad, como el cambio climático, pérdida de biodiversidad, baja calidad del aire, reducción de la cantidad y calidad de agua dulce, desertificación y erosión del suelo, entre otros, deben ser confrontados desde diferentes sectores, perspectivas y actores, generando estrategias diversificadas, modernas y novedosas. En este sentido, desde el sector forestal se vislumbra que, el manejo forestal (MF) con la aplicación y soporte de la inteligencia artificial (IA), puede resurgir como una estrategia disruptiva y novedosa que contribuya a la mitigación de la problemática referida (Wang et al., 2025). Con la IA se han desarrollado algoritmos y herramientas potentes que permiten como nunca antes realizar el análisis de una enorme y compleja cantidad de datos y métricas forestales y ambientales, lo que a su vez permite identificar patrones y pronosticar tendencias, que son un insumo fundamental para crear soluciones innovadoras y tomar decisiones informadas y fundamentadas ante problemas múltiples. Una manera expedita para dilucidar el estatus actual en el contexto internacional y nacional de la IA aplicada al MF es mediante un análisis bibliométrico (AB). Barre et al. (2024) refiere que esta disciplina y herramienta de análisis cuantitativo, devela comportamientos y directrices sobre un área o tema específico a partir de la relación entre palabras clave, citación y co-ocurrencia. El AB identifica, evalúa y agrupa: (1) las principales regiones, países e instituciones que desarrollan la investigación; (2) la producción científica y redes de investigación de autores relevantes; y (3) las áreas y tendencias pasadas y actuales para reorientar el desarrollo del conocimiento científico e identificar posibles alianzas y colaboraciones interdisciplinarias. En este escenario, se planteó el objetivo de determinar en un contexto internacional y nacional el estatus actual y la evolución de la inteligencia artificial aplicada al manejo forestal mediante un análisis bibliométrico con base en publicaciones científicas producidas en la última década (periodo 2015-2025).

Materiales y Métodos

Se efectuó una consulta en la base de datos científica Scopus (https://www.scopus.com) sobre la relación Inteligencia Artificial aplicada al Manejo Forestal (IA – MF). Este repositorio aglutina métricas relevantes de literatura especializada con revisión por pares e incluye contribuciones en revistas científicas, libros y actas de congresos en diferentes idiomas, por lo que proporciona un panorama amplio de la producción mundial. En el proceso de búsqueda se utilizaron como primer filtro a las palabras “Artificial intelligence” y “Forest Management”. Otros filtros considerados fueron: 1) Periodo del 2015 al 2025 (hasta el 13 de mayo de 2025); 2) Solo artículos científicos y de revisión de literatura; y 3) Idioma inglés. La información obtenida se organizó en una base de datos. Con base en van Eck y Waltman (2023), se realizó un análisis de redes bibliométricas con el software VOSviewer. Para la construcción de redes se aplicó un análisis de citación para países, organizaciones, fuentes y autores, lo que permitió generar información sobre la distribución geográfica de la investigación e identificar aspectos relevantes de producción y citación. En la generación de mapas bibliométricos se aplicaron los siguientes parámetros: 1) análisis por países y fuentes, el mínimo de citas y documentos fue uno, el atributo de peso fue el número de citas; 2) análisis de autores, el mínimo de documentos y citas por autor fue de dos; y 3) análisis de organizaciones el mínimo de documentos fue uno y el de citaciones de cinco, el atributo de peso fue el número de documentos. Para la interpretación de mapas bibliométricos se aplicó la visualización de red y de superposición. El análisis de términos relevantes se realizó en función de la frecuencia de las palabras clave más usadas y asignadas por los autores en cada documento, para lo cual el mínimo de ocurrencias por término fue dos, el método de análisis fue de conteo completo y se utilizó el 100 % de los términos.

Resultados y Discusión

En la relación IA – MF se identificó una producción científica de 188 trabajos con una tendencia creciente del 2016 al 2024 (Figura 1a). Respecto a la producción de las contribuciones por país, se identificaron a 49 naciones de las cuales alrededor del 50 % es producido por Brasil, Suecia, Estados Unidos y China (Figura 1b). México ocupó el lugar 29 con solo dos contribuciones. Se identificaron 79 revistas científicas que han publicado sobre la relación IA – MF, en 10 de estas se concentró el 50% de las contribuciones publicadas, de las cuales destacan *Forests* con 42, *Forest Ecology and Management* con 15 y *Forest Policy and Economics* con 6 (Figura 1c). En el análisis de co-ocurrencia sobre las palabras clave que los autores asignaron en sus artículos, se identificaron 80 términos. Los de mayor relevancia, además de *artificial* intelligence y *forest management*, fueron: *decision support systems*, *deep learning*, *artificial neural network*, *random forest*, *gis*, *remote sensing*, *lidar y forestry* (Figura 1d), lo cual evidencia que se ha realizado una mayor investigación en estas áreas. En contraste, los términos menos co-ocurrentes fueron: *forest regeneration*, *forest fire*, *genetic algorithm*, *logging* y *operational research*, lo que significa que son áreas emergentes con oportunidad para realizar nuevas investigaciones.

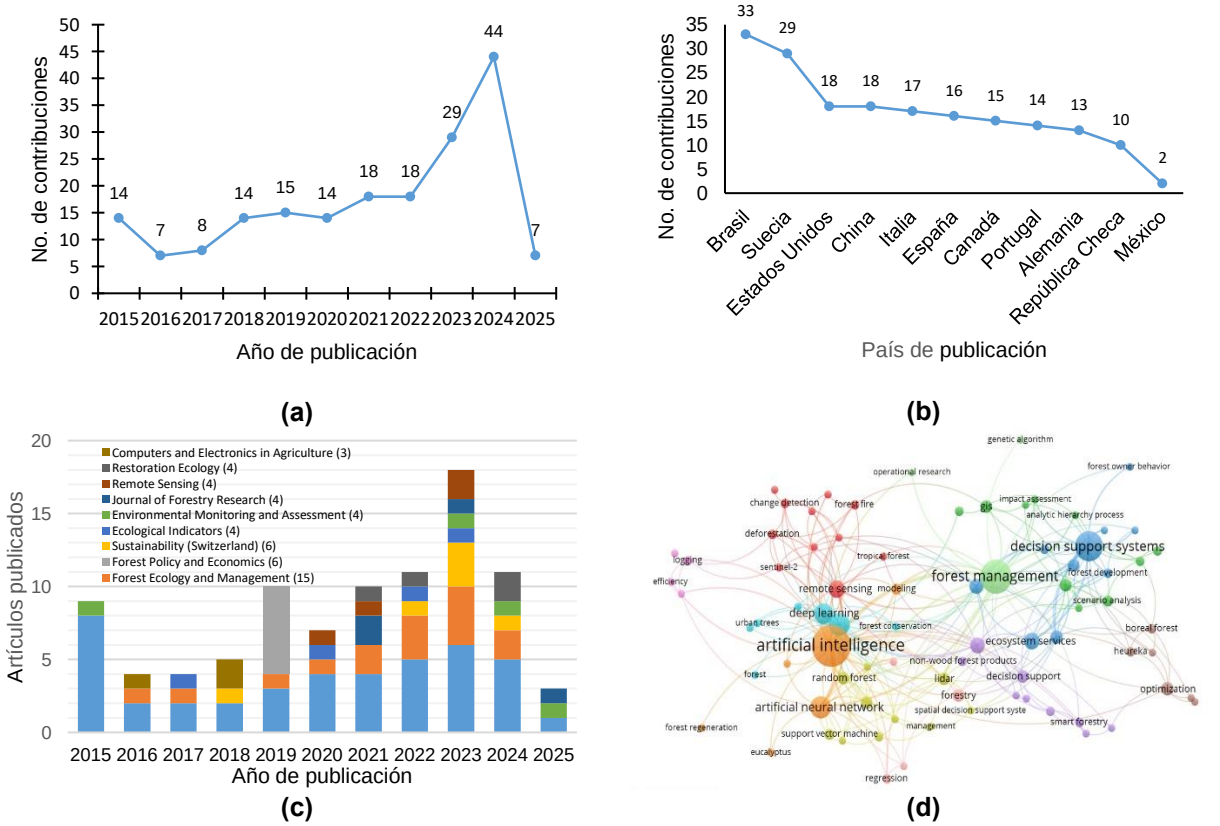
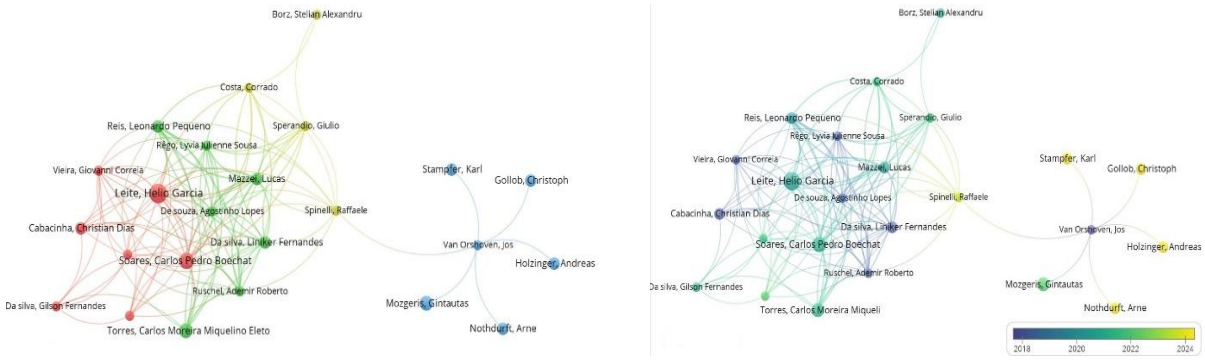


Figura 1. Producción de publicaciones científicas en la relación IA – MF por año de publicación (a) y por país de publicación (b). Las 10 revistas más productivas con cantidad de artículos por año y total (c). Escenario de co-ocurrencia de palabras clave asignadas por los autores en sus contribuciones (d).

El análisis detectó 24 autores sobresalientes que han publicado y también han sido citados en al menos dos contribuciones, destaca H. García Leite de la Universidade Federal de Vicosa, Brasil (Figura 2a). Respecto al comportamiento de la citación de artículos por autor a través del tiempo, los más citados son los H. García Leite, además figura como nodo central que directamente se vincula con 16 autores (Figura 2b), en términos de publicaciones es un referente consolidado para futuras alianzas y colaboraciones.



(a) **(b)**

Figura 2. Escenario de citación de contribuciones científicas por autores sobresalientes que han publicado y han sido citados (a), relevancia de citación de artículos por autor a través del tiempo (b).

Las instituciones de investigación más relevantes fueron: Swedish University of Agricultural Sciences, University of Quebeq at Montreal y Czech University of Life Sciences Prague, con 144, 139 y 114 citas, respectivamente. Así, aunque Brasil tiene la mayor cantidad de contribuciones, no es el más citado. En el contexto científico internacional, México no sobresale con publicaciones científicas en materia de IA – MF, esto representa una oportunidad para buscar alianzas y orientar esfuerzos que se consoliden en acciones que contribuyan a mejorar un MF inteligente, adaptativo y más eficiente de los bosques mexicanos. Para ello, con base en el presente análisis, investigadores mexicanos en MF que están aplicando herramientas de IA, podrán identificar tendencias y convergencias para vincularse estratégicamente y desarrollar así investigación alineada al contexto internacional. Un factor que pudo influir para que se detectará una baja participación de México en el plano internacional sobre IA – MF, es que solo se usaron dos palabras de búsqueda; además, no se consideraron nombres y sinónimos de otras tecnologías digitales innovadoras y emergentes que normalmente acompañan a la IA, tal como sensores remotos, drones, internet de las cosas, entre otras (Ali et al., 2025). De acuerdo con Mahanta et al. (2025), es probable que contribuciones mexicanas sobre IA – MF, se localicen en otros repositorios científicos, como Web of Science, Springer, Wiley, Taylor & Francis, además de Scielo o Google académico y además que estén en idioma español.

Conclusiones

El análisis bibliométrico sobre la producción científica en la aplicación de la inteligencia artificial al manejo forestal, evidenció a Brasil, Suecia y EE. UU. como más relevantes; sobresalen los temas *decision support systems*, *deep learning* y *artificial neural network*. México debe aprovechar las redes, instituciones y autores identificados para implementar alianzas estratégicas e incrementar el volumen de producción científica.

Referencias bibliográficas

Ali, G., Mijwil, M. M., Adamopoulos, I., & Ayad, J. (2025). Leveraging the internet of things, remote sensing, and artificial intelligence for sustainable forest management. *Babylonian Journal of Internet of Things*, 2025, 1-65. https://doi.org/10.58496/BJIoT/2025/001

Barre, M. A., Elmi, A. H., Mohamud, I. H., Warsame, Z. A., & Mohamed, A. A. (2024). AI in the era of climate change: Unveiling patterns and trends through bibliometric analysis. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 19(11). https://doi.org/10.18280/ijsdp.191111

Mahanta, D. K., Bhoi, T. K., Samal, I., & Komal, J. (2025). Mapping the research landscape on forest insects: bibliometric approach from 2010 to 2024. *Discover Forests*, 1(1), 1-17. https://doi.org/10.1007/s44415-025-00005-4

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2023) VOSviewer Manual. Manual for VOSviewer version 1.6.20. Universiteit Leiden & Meaningful metrics. https://www.vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.20.pdf?utm_medium=email&utm_source=transaction

Wang, T., Zuo, Y., Manda, T., Hwarari, D., & Yang, L. (2025). Harnessing artificial intelligence, machine learning and deep learning for sustainable forestry management and conservation: Transformative potential and future perspectives. *Plants*, 14(7), 998. 998; https://doi.org/10.3390/plants14070998

RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO EN EL MANTILLO DE BOSQUES TEMPLADOS BAJO MANEJO FORESTAL

Bertha Patricia Zamora-Morales[1]*, Aurelio Báez Pérez[2], Leticia Bonilla Valencia[1], Marisela Cristina Zamora Martínez[1]
[1]Cenid-Comef, INIFAP; [2]C. E. Bajío-CIRCE-INIFAP

*Autora para correspondencia: zamora.patricia@inifap.gob.mx

Palaras clave: carbono, nitrógeno, mantillo, manejo forestal

Introducción

Los principales reservorios de carbono en los bosques templados se localizan en el suelo, en la vegetación y en el mantillo. Este último, corresponde a la capa superficial formada por residuos orgánicos en diferentes etapas de descomposición, puede acumular cantidades significativas de carbono, y es considerado uno de los principales almacenadores de carbono en los ecosistemas terrestres. La cantidad y rapidez con que se producen y descomponen estos residuos afectan directamente la profundidad del mantillo u hojarasca acumulada en la superficie del suelo. Esta capa orgánica desempeña un papel crucial en la regulación de diversos procesos en los ecosistemas forestales, como protección contra erosión hídrica y la infiltración de agua en el perfil del suelo. Además, es la principal fuente de nutrientes para las especies forestales, y constituye la materia prima para la formación de humus, carbono y nitrógeno en el suelo. La interacción entre el carbono y otros elementos químicos en esa capa edáfica influye en su ciclo de reciclaje, un proceso que varía según factores ecológicos específicos como la altitud, condiciones climáticas y características del suelo (Paz *et. al.,* 2015).
El carbono (C) y el nitrógeno (N) son considerados indicadores clave de la calidad de la materia orgánica del suelo, ya que influyen en la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes, la retención de agua y la actividad de microorganismos. En particular, el carbono en el suelo participa en el ciclo global de este elemento, mientras que la disponibilidad de nitrógeno representa un factor limitante principal para la productividad vegetal, al ser un macronutriente esencial que regula el crecimiento de la vegetación. La cantidad de nitrógeno presente en el suelo está influenciada por las condiciones ambientales, la topografía, las prácticas de manejo y el tipo de vegetación, que a su vez determinan la calidad de la materia orgánica (Ayala-Montejo *et al.,* 2020). En este sentido, la evaluación de la relación Carbono-Nitrogeno (C:N) en el mantillo, puede apoyar el monitoreo del impacto de distintas prácticas de manejo y favorece el desarrollo de estrategias ligadas a la sostenibilidad de los ecosistemas forestales en áreas bajo manejo. Por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de los tratamientos correspondientes al “Método Mexicano de Bosques Irregulares” (MMOBI) y del “Método de Desarrollo Silvícola” (MDS) sobre la relación carbono-nitrógeno en el mantillo de bosques templados bajo manejo forestal de pino y pino-oyamel en un ejido del noroeste de Puebla.

Materiales y métodos

El sitio de estudio fue el ejido Emiliano Zapata, municipio Chignahuapan, Puebla, México; ubicado en los paralelos 19º 39' 42" y 19º 58' 48" de latitud norte y los meridianos 97º 57' 18" y 98º 18' 06" de longitud oeste. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (84.69%). Su vegetación corresponde a bosque templado dominado por *Pinus patula* Schltdl. et Cham. y con menor presencia de otras coníferas como *Pinus ayacahuite* Ehren. ex Schltdl. y Abies religiosa (Kunth) Schltdl. et Cham. Las unidades de monitoreo (sitios) se establecieron a partir de una retícula de puntos equidistantes (100 m) y ubicados de acuerdo a una imagen satelital georreferenciada del polígono del ejido. Se delimitaron 23 unidades de monitoreo (de forma circular de 1,000 m^2 cada una): 18 en rodales de MDS (Método de Desarrollo Silvícola) con cuatro tratamientos (CL-Corta de Liberación; A2- Aclareo 2; CR-Corta de Regeneración; A3- Aclareo 3) y 5 en rodales de MMOBI (Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares) con un tratamiento (SE-Corta de selección). Conforme a la metodología definida para el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR, 2017), se realizó el muestreo del mantillo; para ello, en cada unidad de monitoreo se delimitaron cuatro áreas de 0.25 m^2 (una por cada punto cardinal/cuadrante), el piso forestal fue caracterizado en dos capas: a) Capa de Hojarasca HO y b) Capa de Fermentación (FE) (para un total de 92 muestras por estrato). Además, se incluyó la capa total del piso

forestal (Tot), obtenida por la suma de la capa HO y FE. La recolecta de muestras se realizó para todos los sitios en dos épocas (lluvias: septiembre del 2023 y sequia: mayo de 2024). Las muestras recolectadas se etiquetaron y transportaron para su acondicionamiento y análisis al laboratorio Nacional de Suelos del Campo Experimental Bajío del INIFAP. En el laboratorio, se secaron a 70 °C durante 72 horas, se registró su peso, y se molieron para determinar la concentración de carbono por el método de digestión seca a 900 °C. El contenido de Nitrógeno total para cada una de las dos capas (HO y FE) se determinó por el método *Kjeldahl*, con un equipo destilador-titulador *Velp Scientifica* modelo UDK159. El contenido de carbono se obtuvo al multiplicar la concentración de C por la biomasa de cada muestra. Con el índice de *Van Bemmelen* se estimó el Carbono orgánico asumiendo que la materia orgánica posee 58 % de Carbono.

La relación C:N se calculó a partir de los porcentajes de Carbono y Nitrógeno HO y FE para ambos intervalos de profundidad (HO y FE). En este caso, el resultado de la división es directamente proporcional a la disponibilidad de Nitrógeno respecto al Carbono, tal relación proporciona una estimación del grado de descomposición de la materia orgánica del suelo.

$$Relación\ C{:}N = \frac{C.O}{N.T}$$

Donde:

C.O. = Carbono orgánico (%)
N.T. = Nitrógeno total (%)

El análisis estadístico para la relación C:N se realizó usando las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas de Levene (Rubio y Berlanga, 2012). Debido a que los datos no se ajustaban a la normalidad, se realizaron modelos lineales generalizados (GLM) con distribución beta (datos de porcentaje) mediante el software estadístico R, con el objetivo de evaluar el efecto de los tratamientos silvícolas y del tipo de sustrato.

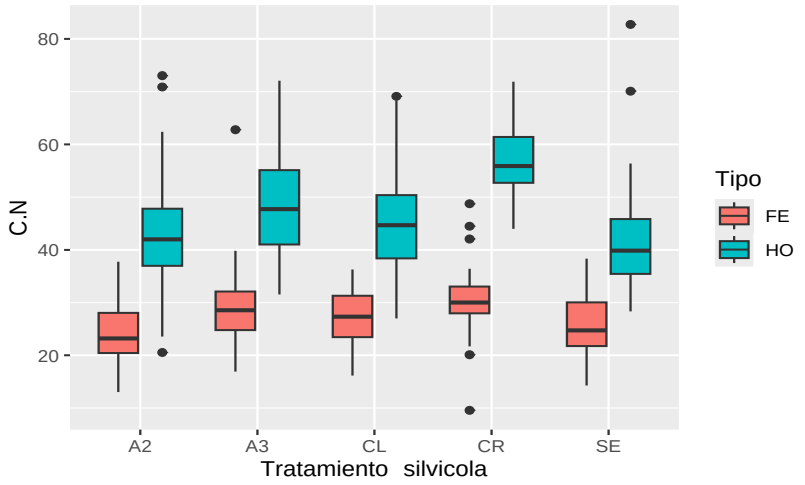
Resultados y discusión

El análisis a partir de un modelo lineal generalizado beta (GLM) mostró un efecto positivo significativo para la relación C:N para la capa de fermentación (FE), mientras que la capa de Hojarasca (HO) registró un efecto negativo significativo. Los tratamientos silvícolas A2, A3 y CL tuvieron efectos negativos sobre C:N (Cuadro, 1). Además, la hojarasca mostró valores de C:N mayores que la capa de fermentación (FE), lo que indicó una descomposición lenta (Figura 1). El tratamiento corta de regeneración (CR) en la hojarasca presentó el promedio más alto de C:N 56.21 con una desviación estándar de 7.30, lo que sugiere una acumulación de materia lenta y el tratamiento de segundo aclareo (A2) en la capa de fermentación tuvo los valores más bajos, con un promedio 24.65 y desviación estándar de 5.51;lo que podría reflejar una mayor actividad descomponedora y un microambiente más favorable para los procesos de mineralización. En este contexto, Zhou *et al.*, (2015) señalan que la estabilidad en el contenido de reservas de carbono y nitrógeno es afectada por cambios en las condiciones ambientales, la estructura y composición de la vegetación, así como por el grado de alteración del entorno del rodal. Estas alteraciones se relacionan con la intensidad y el tipo de corta, debido a que los aprovechamientos forestales de alta intensidad pueden modificar los ciclos biogeoquímicos en el piso forestal y por ende en el suelo (Luna-Robles *et al.,* 2023); ya que las cortas modifican la cobertura del suelo y la estructura vegetal, lo cual afecta diversos factores abióticos como humedad del suelo, viento, radiación, intercepción y temperatura, cuyo efecto combinado determina los balances de carbono, nitrógeno y la relación C:N.

Cuadro 1. Modelo lineal generalizado (GLM) que evalúa el efecto de los tratamientos correspondientes al "Método Mexicano de Bosques Irregulares" (MMOBI) y del "Método de Desarrollo Silvícola" (MDS) sobre la relación carbono-nitrógeno en el mantillo de bosques templados bajo manejo forestal de pino y pino-oyamel del noroeste de Puebla.

Variable	Estimador	Std. Error	Valores t	Valor *P*
HO	0.543	0.024	22.478	**<0.005*
FE	-1.543	0.231	-6.663	**<0.005
A2	-0.267	0.043	-6.225	**<0.005
A3	-0.104	0.043	-2.430	**<0.005
CL	-0.223	0.047	-4.696	**<0.005
CR	0.42524	0.23769	1.789	ns
SE	0.15741	0.23335	0.675	ns

** Tratamiento silvícola: CL-Corta de Liberación; A2- Corta de Aclareo 2; CR-Corta de Regeneración; A3-Corta de Aclareo 3 y SE-Corta de selección
Mantillo en dos estratos: Capa de Hojarasca (HO) y Capa de fermentación (FE)
Errores estándar=Std. Error; Valores de distribución=Valores t; Nivel de significancia=*Valor P*; Significancia= $p < 0.05$ y ns=no significativo



** Tratamiento silvícola: CL-Corta de Liberación; A2- Corta de Aclareo 2; CR-Corta de Regeneración; A3-Corta de Aclareo 3 y SE-Corta de selección.
** Tipo: Capa de Hojarasca (HO) y Capa de fermentación (FE)

Figura 1. Boxplot de la relación C:N en el mantillo de bosques templados bajo manejo forestal.

Conclusiones

Los resultados indican que los métodos de aprovechamiento y sus distintas intensidades de corta tienen un impacto significativo en la relación C:N del piso forestal. Por consiguiente, resulta fundamental incorporar estrategias de manejo forestal que fomenten prácticas capaces de reducir el impacto negativo sobre los contenidos de carbono y nitrógeno en el suelo forestal.

Agradecimientos y fuente financiera

A los ejidatarios del ejido Emiliano Zapata, Chignahupan Puebla y a los Técnicos Forestales de la Consultoría de Fomento Ambiental y Desarrollo Social de Comunidades Forestales S.C.
Los resultados se generaron en el marco del proyecto estratégico forestal "Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático".

Referencias bibliográficas

Ayala-Montejo, D., Monterroso-Rivas, A. I., Baca-Del Moral, J., Escamilla-Prado, E., Sánchez-Hernández, R., Pérez-Nieto, J., & Valdés Velarde, E. (2020). Identificación de necesidades de investigación sobre la dinámica de carbono y nitrógeno en sistemas agroforestales de café en México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 23(99), 1-16.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2017). Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Procedimientos de muestreo. Zapopan, Jal., México: CONAFOR.

Luna-Robles, E. O., Cantú-Silva, I., & Bejar Pulido, S. J. (2023). Soil organic carbon changes in an umbrisol under different silvicultural treatments in a temperate forest in northwestern Mexico. Journal of Sustainable Forestry, 42(4), 368-383.

Paz, F., J. Wong y R. Torres (editores). 2015. Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus Interacciones en México: Síntesis a 2015. Serie Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono en colaboración con el Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad en el Sureste, A.C y el Centro Internacional de Vinculación y Enseñanza de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Texcoco, Estado de México, México. ISBN: 978-607-96490-3-6. 702 p.

Zhou, X., Y. Zhou, C. Zhou, Z. Wu, J. Gan. 2015. Effects of cutting intensity on soil physical and chemical properties in a mixed natural forest in southeastern China. Forests 2015 6(12):4495-4509. Doi: 10.3390/f6124383.

DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS DEL ARBOLADO URBANO DE LA CIUDAD DE TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO.

José Antonio López-Sandoval[1*], Cristian Cruz-Matias[1], Santa Lucia Quintero-Bastida[2], Gustavo García-Hernández[1], Rogelio Araujo-Díaz[1], Gaspar Estrada Campuzano[1]
[1]Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario "El Cerrillo", El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México; [2]Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México

*Autor correspondencia: jalopezsa@uaemex.mx

Palabras clave: Biodiversidad, *Cupressus lusitanica* Mill., bosque urbano

Introducción

La mitad de la población mundial vive en las ciudades y en estos lugares a los árboles se les atribuyen entre otros beneficios psicológicos, ecológicos y ornamentales. Debido a la diversidad de servicios ecosistémicos, los bosques urbanos son un valioso recurso vegetal para los habitantes de las ciudades. Los árboles desempeñan un papel importante en el secuestro de carbono, la mitigación del efecto isla de calor, la mejora de la calidad del aire y la reducción de la escorrentía de aguas pluviales. También, pueden aumentar el valor de la propiedad, mejorar la salud y el bienestar de las personas y fomentar una mayor sensación de conectividad social. El costo monetario de un árbol es difícil de cuantificar y depende de muchos factores, se han propuesto varias fórmulas para su valoración; los resultados indican dispersión amplia de valores monetarios por fórmula y por especies con diferencias significativas. En la ciudad de Toluca se cuantificó la capacidad de los árboles para capturar contaminantes atmosféricos, entre ellos el material particulado (conjunto de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, como el polvo, el humo, las esporas de moho, las bacterias, partículas virales, el carbono elemental, el carbono orgánico, el amonio, el nitrato, el sulfato y el agua); se encontró que especies de la familia Cupressaceae obtuvieron un depósito seco superior a 10 g/kg. En una revisión cuantitativa de la evaluación de los ecosistemas urbanos a nivel mundial, reflejó que la mayoría de los estudios se han efectuado en Estados Unidos de América, Europa y China; y los aspectos considerados son biodiversidad y sistemas de información geográfica; hay pocas investigaciones sobre política de usos del suelo. En un estudio donde se comparó la biodiversidad, tamaño, abundancia y servicios ecológicos de los árboles entre lotes baldios y zonas residenciales urbanas y suburbanas en Estados Unidos de América, hubo una mayor diversidad, biomasa y mejores servicios ecológicos en los árboles ubicados en lotes baldíos. En Argentina, se determinó la composición florística del arbolado público y el grado de adaptación de las especies nativas y exóticas, en dos situaciones hídricas: zona con riego eventual y de temporal. Los resultados indican una mayor adaptación de las especies autóctonas en las dos situaciones hídricas. En México, se han reportado inventarios sobre el arbolado para algunas ciudades. En la Ciudad de México, se efectuó una investigación de sus áreas verdes en diferentes delegaciones, se puso de manifiesto una creciente tendencia a la reducción de la superficie de áreas verdes y la pérdida de metros cuadrados de zonas verdes por habitante. En Mérida, Yucatán se realizó un reporte de sus áreas verdes y arbolado, con imágenes de satélite y recorridos de campo; se observó que, en las zonas más recientes de creación urbana están más arboladas que el resto de la ciudad. En la estructura, composición y diversidad del arbolado urbano de Linares, Nuevo León, se encontró que la especie introducida *Fraxinus americana* L*:* es sobresaliente desde el punto de vista ecológico debido a su abundancia y dominancia en el área de estudio. Con base en lo anterior, el objetivo fue determinar la diversidad y riqueza de las especies arbóreas de la ciudad de Toluca, Estado de México.

Materiales y métodos

El sitio de estudio comprende la parte centro de la ciudad de Toluca, la cual está localizada a 2, 671 msnm, a una latitud de 19.2878600 y una longitud de -99.6532400. El clima que prevalece en la zona es el templado subhúmedo. El trabajo se efectuó en 64 colonias y un Paseo peatonal dividido en dos secciones (Paseo Colón y Paseo Colón hasta Avenida Las Torres). De enero a diciembre de 2018, se hicieron prospecciones quincenales a través de recorridos, en los que se recolectaron todas las especies de árboles presentes. Las especies de árboles que se tomaron en cuenta para la recolecta fueron todas aquellas que

se encontraron en las banquetas y camellones (arbolado lineal). Se recolectaron cinco ejemplares por especie y se procesaron mediante las técnicas convencionales, siguiendo los criterios de Lot y Chiang (1986). Posteriormente, se determinaron a nivel de familia, género y especie con la ayuda de literatura especializada. Los especímenes de respaldo se depositaron en el Herbario Eizi Matuda de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (CODAGEM). La nomenclatura taxonómica de las familias, el nombre científico de las especies y los autores se registró con base en The Plant List (www.theplantlist.org). El origen y la distribución geográfica de las especies en México (nativa o introducida) se determinó a través de literatura florístico-taxonómica; así como del sitio web Trópicos (www.tropicos.org). En la distribución geográfica se indica su presencia en los continentes americano (Ame), africano (Afr), australiano (Aus), asiático (Asi) y europeo (Eur). Cuando la especie solo se registraba en el continente americano, se consideró como nativa y si hacía referencia de su existencia en otros continentes se catalogó como introducida. Para la categoría de riesgo se consultó la norma: NOM-059-SEMARNAT-2010. Una vez identificadas las especies en el área de estudio, se realizaron recorridos por la zona de estudio para contabilizar el número de individuos por familia, género y especie. El índice de diversidad de familias (IDF), géneros (IDG) y especies (IDE), que es la relación de riqueza biológica y el área estudiada, se obtuvo, mediante un ajuste de los valores de riqueza, dividiendo el número de familias, géneros y especies entre el logaritmo decimal del área (m^2). Un índice de diversidad alto sugiere mayor diversidad de familias, géneros y especies; mientras que uno bajo indica predominio de ciertas familias, géneros y especies (Villaseñor, 2004). La riqueza de especies por colonia (Dα) se calculó mediante el Índice de Margalef (IRM) (un valor alto sugiere que hay mayor biodiversidad) (Moreno, 2001):

$$D\alpha = \frac{S-1}{\log N}$$ Dónde: S= número de especies, N= número total de individuos

Resultados

Se registraron 46 especies que se distribuyeron en 20 familias y 30 géneros. Las gimnospermas a nivel de especie representaron 32.90 %, las monocotiledóneas 0.47 % y las dicotiledóneas 66.63 %. El total de individuos en la zona de estudio fue de 10, 057. Las familias con mayor número de individuos fueron Oleaceae (43.30%) y Cupressaceae (33.51%), mientras que las familias menos sobresalientes con 0.02% fueron Lauraceae, Rutaceae y Scrophulariaceae. Las familias con mayor número de géneros fueron Fabaceae y Rosaceae con 13.33 %, y 15 fue el número de taxones de menor orden de importancia, con 3.33%. Se identificó un total de 30 géneros, de los cuales los más representativos fueron *Cupressus* con 33.39%, y *Fraxinus* con 23 %; los menos abundantes *Pyrus* spp. y *Thuja* spp. con 0.01%. A nivel de especie las más abundantes fueron *Cupressus lusitanica* Mill. (32.99 %), *Fraxinus uhdei* (Wenz) Lingelsh. (23.01 %) y *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton (20.23%). Por el contrario, las especies escasamente representadas fueron *Cupressus arizonica* (Greene) Bartel (0.01%), *Pinus hartwegii* Lindl. (0.01%) y *Prunus cerasifera* Popov (0.01%). La distribución geográfica de las especies en el área de estudio indicó que 32.60 % se distribuyen en América y Asia, 30.43 % se encuentraron solo en el continente americano. Dos especies son cosmopolitas (4.34%). De los 46 taxa registrados, 31 fueron introducidos (67.4 %), 13 nativas (28.3 %) y dos endémicas (4.3%). Según Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, dos especies se encuentran en categoría de riesgo: *Cupressus lusitanica* Mill. (Suejeta a Protección Especial) y *Erythrina americana* Mill. (Amenazada). Los valores más altos a nivel del Índice de diversidad de familias (IDF) (6.0 a 10.0), Índice de diversidad de géneros (IDG) (7.0 a 14.0) e Índice de diversidad de especies (IDE) (9.0 a 13.0) se localizaron en: Col. Haciendas, Col. San Sebastían II y Col. Valle Don Camilo; y los más bajos de diversidad, menores a 1.0 correspondieron a: Col. Santa María Zozoquipan, Col. Panteón General, Col. Azteca, Paseo Colón y Paseo Colón hasta Avenida Las Torres. En el Índice de Riqueza de Margalef (IRM), hay 56 colonias en un intervalo de 1.0 a 4.0. La Col. Seminario IV tiene el mayor índice de riqueza de Margalef (IRM) con 9.2, mientras que siete colonias en un valor menor a 1.0.

Discusión

En el inventario del arbolado urbano de la ciudad de Toluca, se reportaron 20 familias, 30 géneros y 46 especies. Estos datos florísticos son cercanos a otros estudios de arbolado en México. En la zona de estudio se reportaron 10, 057 individuos, en un área de 27, 730. 213 m^2; un número de individuos alto en relación con otros estudios de arbolado urbano en México. Los géneros más representativos a nivel de individuos para esta investigación fue *Fraxinus* con 23 % y *Cupressus* con 33.39 %. En el arbolado urbano del estado de Nuevo León, la familia Fabaceae y el género *Quercus* fueron los más abundantes; taxa que

se adaptan a climas más cálidos. *Cupressus lusitanica* Mill. es la especie más abundante en la zona de estudio (32.99%); la cual excede el 30 % que recomienda la International Society of Arboriculture (ISA) a nivel mundial para el total de todos individuos de una especie en un área verde. Es importante señalar que los datos recopilados para este trabajo corresponden al arbolado urbano distribuido en varias áreas verdes de la ciudad de Toluca, no a una sola unidad espacial. Por lo tanto, es posible que dentro de cada área verde individual no se exceda dicho umbral, aunque en conjunto la proporción de algunas especies resulte elevada. El inconveniente de rebasar el porcentaje que propone la ISA es que si no se atiende su control fitosanitario y se evalua la vulnerabilidad a los factores ambientales, en forma oportuna se puede erradicar a la especie, además el nivel del umbral económico de daño será alto. Para no superar el porcentaje que propone la ISA, se sugiere emplear el catálogo de especies sugeridas en la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-018- SeMAGEM- DS-2017 o buscar alternativas en el arbolado silvestre de México. Si se compara la existencia de 3, 500 árboles nativos en México con el número de especies en este estudio (46), existe la posibilidad de proponer una paleta vegetal de algunos árboles nativos que se pueden adaptar a las condiciones climáticas de la ciudad de Toluca, Estado de México. Se recomienda realizar investigaciones de adaptación al cultivo de especies de los géneros *Comarostaphylis*, *Arbutus*, *Chirantodendron*, que tienen cualidades ornamentales. En cuanto al origen de las especies en el área de estudio, las introducidas representan más de la mitad del total de especies registradas; resultados parecidos se registraron en otros estudios. En lo referente a las especies nativas, estas tienen el mayor número de individuos en la zona de estudio (*Cupressus lusitanica* y *Fraxinus uhdei* representaron el 56 % en conjuto). Es conveniente la reforestación y forestación con especies arbóreas nativas, para aumentar la diversidad florística, favorecer su preservación y garantizar una mejor adaptación al entorno. En esta investigación se descubrió que un tercio de las especies usadas en las áreas verdes urbanas (14 especies) se distribuyen en el continente americano, y esto da la posibilidad de incluir árboles con distribución en México como *Talauma mexicana* (DC.) G.Don que fue uno de los arboles ornamentales mas apreciados en los jardines de Moctezuma, con flores llamativas y propiedades medicinales. Dos especies en el área de estudio se encuentran en categoría de riesgo (*Cupressus lusitanica* y *Erythrina americana*), aunque en la ciudad de Toluca son especies abundantes, es necesario la preservación y conservación de sus poblaciones; se recomienda monitorear su estado fitosanitario y proponer un programa de sanidad arbórea y reforestación en su caso. El mayor índice de diversidad de familias (10), géneros (14) y especies (13) lo registra la Col. San Sebastián II; lo que significa mayor biodiversidad con relacion a las demas colonias evaluadas, lo que puede estar asociado a un mayor equilibrio ecológico. En un estudio realizado en el arbolado urbano de un campus universitario (Facultad de Ciencias Forestales, UANL), se reportó un alto índice de riqueza de Margalef (IRM) de 7.62. En comparación, la colonia Seminario IV de este estudio presentó un valor mayor (IRM = 9.2), lo que resalta su alta riqueza florística.

Conclusiones

En el arbolado urbano de la ciudad de Toluca, Estado de México, se reportaron 46 especies distribuidas en 20 familias y 30 géneros. El 67.4% de las especies son introducidos, por lo que se propone la reforestación y forestacion con arboles nativos de México y evitar problemas sanitarios al contar con arbolado mono específico o con pocas especies nativas.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a los responsables de las áreas verdes del municipio de Toluca por su apoyo incondicional. Este trabajo se realizó con el apoyo academico de instituciones públicas.

Referencias bibliográficas

Lot, A. y Chiang, F. (1986). Manual de Herbario. México, D. F.: Consejo Nacional de la Flora de México, A.C.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).

The Plant List. (2013). Recuperado el 21 de diciembre de 2019 de: www. Theplantlis.org

Tropicos. Org. Missouri Botanical Garden. (2019). Recuperado el 20 de febrero de 2019: http://www.tropicos.org.

Villaseñor, J. L. (2004). Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 75, 105-135.

CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA EN CHIGNAHUAPAN Y ZACATLÁN, PUEBLA: DINÁMICAS RECIENTES Y SUS IMPLICACIONES TERRITORIALES

Cristopher López-Paniagua[1], Manuel de Jesús González-Guillén[1*], José René Valdez-Lazalde[1], Valentín José Reyes-Hernández[1] y Oscar Antonio Arana-Coronado[2]

Colegio de Postgraduados, [1]Postgrados en Ciencias Forestales y [2]Socioeconomía, Estadística e Informática, Campus Montecillo, Texcoco, México 56264

*Autor para correspondencia: manuelg@colpos.mx

Palabas clave: Modelación espacial, SIG, cobertura forestal.

Introducción

El cambio de uso de la tierra (CUT) es un proceso antrópico de conversión de terrenos de uso forestal a otros usos (por ej., agrícolas, pecuarios, residenciales, industriales) que ocasiona la pérdida de cobertura forestal, fragmentación del hábitat y reducción de biodiversidad a nivel mundial (FAO, 2020). En México, esta transformación ha sido intensa en regiones de alta riqueza ecológica, como la Sierra Norte de Puebla, donde los procesos de urbanización, expansión agrícola y otras actividades antrópicas han alterado drásticamente el paisaje. En los municipios de Chignahuapan y Zacatlán, el avance de la frontera agrícola y urbana han sido particularmente aceleradas en las últimas décadas, generando implicaciones ambientales, socioeconómicas y territoriales. Ante este panorama, resulta prioritario comprender las dinámicas espaciales del CUT, identificar sus patrones dominantes y valorar sus efectos sobre la cobertura forestal y los servicios ecosistémicos asociados.

Objetivos

Analizar espacial y temporalmente los cambios de uso de la tierra en Chignahuapan y Zacatlán, Puebla, entre 2000 y 2022, mediante sensores remotos, para identificar transiciones en la cobertura forestal, sus patrones espaciales y generar mapas de probabilidad de cambio como herramienta de planificación y conservación.

Materiales y métodos

Se utilizaron cinco imágenes *Landsat* corregidas atmosféricamente (TM, ETM+ y OLI), identificadas por sus códigos de escena (LT05, LC08), correspondientes a los path/row 025/046 y 026/046. Las escenas, capturadas entre enero y febrero de 2000, 2011 y 2022, fueron seleccionadas por su representatividad agrícola. La clasificación supervisada se realizó con el algoritmo de máxima verosimilitud (Fatiha *et al*., 2023), y se validó mediante matrices de confusión, exactitud global y coeficiente Kappa. Se definieron cinco clases de uso: forestal, agrícola, urbano, pecuario y cuerpos de agua. A partir de los mapas se identificaron transiciones forestales hacia otros usos. Se entrenaron modelos *Random Forest* por transición, utilizando 20 variables predictoras derivadas de modelos digitales de elevación, coberturas climáticas, mapas de uso de suelo y datos de accesibilidad, procesadas en software SIG. Los mapas de probabilidad de cambio se generaron mediante clasificación por píxel aplicando los modelos entrenados, y posteriormente se integraron en un único mapa que representa, para cada píxel, la transición con mayor probabilidad.

Resultados y discusión

Entre 2000 y 2022, Chignahuapan perdió el 17.5 % de su superficie forestal, mientras Zacatlán registró una reducción del 6.5 % (Cuadro 1). Estos cambios se atribuyen principalmente a la expansión agrícola (21.9 % en Chignahuapan y 105.6 % en Zacatlán) y al crecimiento urbano (373.1 % y 543.8 %, respectivamente). Las áreas pecuarias disminuyeron más del 85 % en ambos municipios (Cuadro 1). Estos patrones coinciden con la tendencia regional identificada por Cruz-Huerta *et al.* (2015), quienes, con base en datos previos, proyectaron para 2030 una pérdida potencial de 10,966.6 ha en Chignahuapan y 4,405.5 ha en Zacatlán. Aunque las cifras no son directamente comparables por diferencias de periodo y enfoque, ambas evidencian una trayectoria sostenida de reducción forestal. Los resultados de este estudio se compararon con datos del Global Forest Watch (GFW, 2025), que estimó entre 2000 y 2022 una pérdida del 10 % (2470 ha) en Chignahuapan y del 6.2 % (1470 ha) en Zacatlán. Aunque estas cifras son menores a las detectadas

por la clasificación supervisada, la diferencia puede explicarse por los criterios de GFW, basados en altura (≥5 m) y densidad de copa (>50 %), lo que podría subestimar pérdidas. Además, GFW reporta ganancias de cobertura arbórea que, si bien no son directamente comparables, sugieren procesos de reforestación y manejo forestal. En contraste, Ceballos-Pérez (2020) reportó un aumento del 8 % de cobertura forestal entre 2002 y 2017 en la Sierra Norte de Puebla, lo que refuerza que los resultados varían según la escala, el periodo analizado y la metodología utilizada.

Cuadro 1. Superficie de uso de la tierra detectada en Chignahuapan y Zacatlán, Puebla en 2000, 2011 y 2022.

Uso	Superficie por año (ha)			Tasa de cambio en el periodo (%)		
	2000	2011	2022	2000-2011	2011-2022	2000-2022
Chignahuapan						
Urbano	803.5 1.1*	1,973.4 2.6*	3,801.3 5.0*	145.6	92.6	373.1
Cuerpos de agua	235.5 0.3	231.7 0.3*	287.6 0.4*	-1.6	24.2	22.1
Pecuario	6,066.6 8.0*	874.4 1.2*	675.9 0.9*	-85.6	-22.7	-88.9
Forestal	32,304.1 42.5*	30,603.6 40.3*	26,643.7 35.1*	-5.3	-12.9	-17.5
Agrícola	36,511.7 48.1*	42,238.3 55.6*	44,512.8 58.6*	15.7	5.4	21.9
Zacatlán						
Urbano	803.5 1.1*	1,973.4 2.6*	3,801.3 5.0*	145.6	92.6	373.1
Cuerpos de agua	235.5 0.3	231.7 0.3*	287.6 0.4*	-1.6	24.2	22.1
Pecuario	6,066.6 8.0*	874.4 1.2*	675.9 0.9*	-85.6	-22.7	-88.9
Forestal	32,304.1 42.5*	30,603.6 40.3*	26,643.7 35.1*	-5.3	-12.9	-17.5
Agrícola	36,511.7 48.1*	42,238.3 55.6*	44,512.8 58.6*	15.7	5.4	21.9

* Porcentaje respecto del total municipal

Los modelos Random Forest desarrollados por transición (de forestal a agrícola, urbano y pecuario) mostraron alto desempeño predictivo (AUC > 0.93). Las transiciones, forestal–agrícola y forestal–urbano, resultaron ser las más probables en ambas regiones (Figura 1). Los mapas de probabilidad indicaron mayor riesgo de cambio en Zacatlán, con una distribución más conectada y asociada a pendientes moderadas, cercanía a infraestructura y presencia de caminos. En cambio, en Chignahuapan, el riesgo fue más fragmentado y vinculado a zonas agrícolas preexistentes (Figura 1).

Estos resultados reafirman que las presiones por expansión agrícola y urbana son las principales amenazas a la cobertura forestal. También muestran que la dinámica espacial del cambio es distinta entre municipios: Zacatlán presenta un patrón más consolidado de transformación, mientras que, Chignahuapan enfrenta una fragmentación más dispersa. Se enfatiza la urgencia de estrategias diferenciadas de restauración ecológica, regulación territorial y promoción del ecoturismo como alternativa productiva sostenible.

Conclusiones

Los resultados evidencian un patrón consolidado de conversión de cobertura forestal hacia agricultura y urbanización, con mayor intensidad y conectividad en Zacatlán. Esta dinámica compromete los servicios ambientales regionales y resalta la necesidad de estrategias integradas de manejo del territorio. Los mapas de probabilidad de cambio generados permiten ubicar zonas prioritarias para la intervención, constituyendo una herramienta útil para la planificación y la conservación. A partir del análisis, se identifican como acciones clave la restauración ecológica, el ordenamiento territorial y la promoción del ecoturismo como alternativa productiva compatible con la conservación.

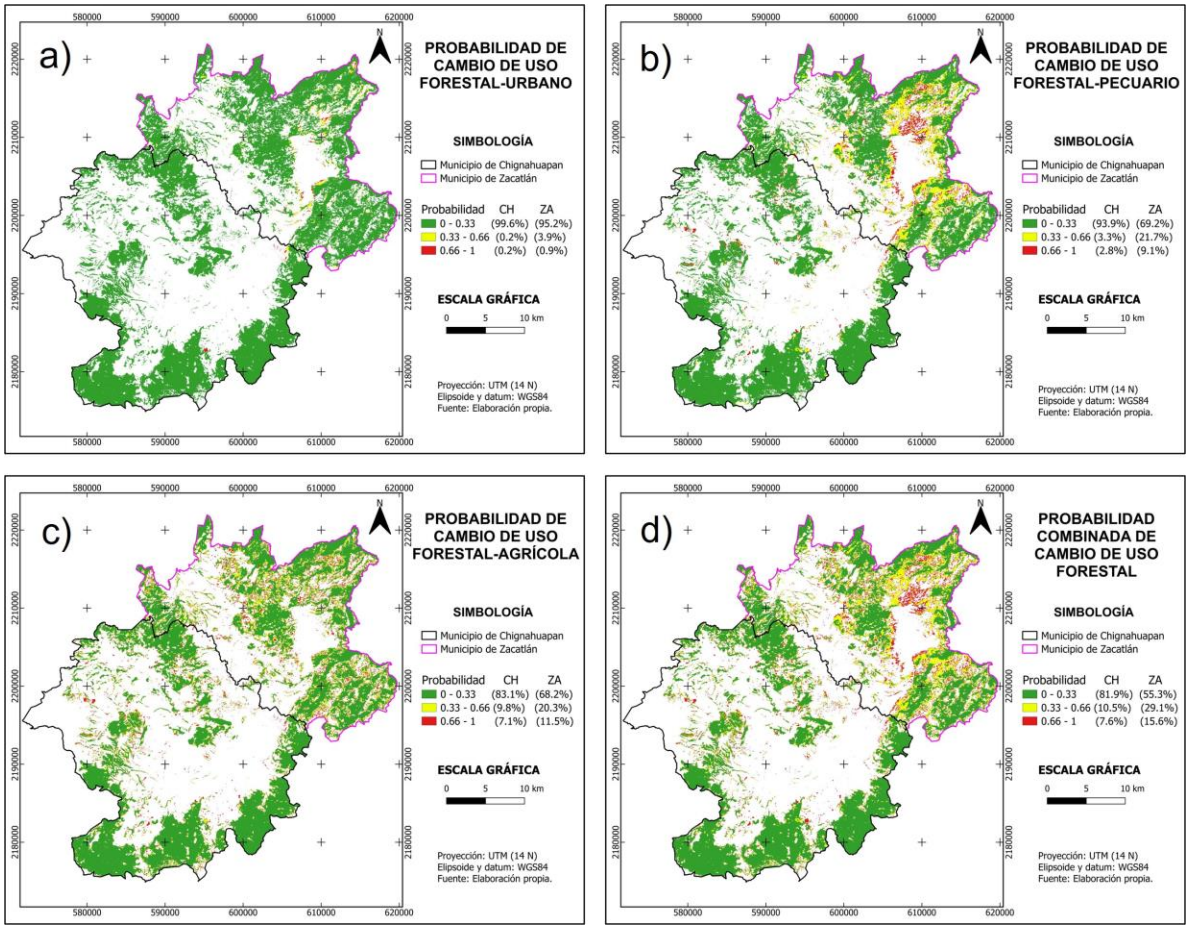


Figura 1. Probabilidad de cambio de uso de la tierra: a) Forestal a urbano, b) Forestal a pecuario, c) Forestal a agrícola y d) Mapa combinado (máxima probabilidad) en Chignahuapan (CH) y Zacatlán (ZA), Puebla.

Agradecimientos y fuente financiadora

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el Programa de Becas Nacionales, al Postgrado en Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, así como a la fuente financiadora del presente estudio: LGA07 (Producción sustentable y competitiva en ecosistemas forestales).

Referencias bibliográficas

Ceballos-Pérez S. G. (2020). Impacto territorial del manejo forestal comunitario en la Sierra Norte de Puebla, 2003-2017. *Cuadernos de Desarrollo Rural, 17*,2020. https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr17.itmf

Cruz-Huerta, C., González-Guillén, M. J., Martínez-Trinidad, T., & Escalona-Maurice, M. J. (2015). Modeling land-use change and future deforestation in two spatial scales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, *21*(2), 137–156. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.06.02

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020: Principales resultados. https://www.fao.org/3/CA8753ES/CA8753ES.pdf

Fatiha, A. E. H., Latifa, O. & Ahmed, A. (2023). Monitoring land use and land cover change using remote sensing techniques and the precipitation-vegetation indexes in Morocco. *Ecological Engineering & Environmental Technology, 24*(1), 272–286. https://doi.org/10.12912/27197050/154937

GFW (Global Forest Watch). (2025). Forest monitoring designed for action. https://www.globalforestwatch.org/

EFECTO DEL NÚMERO DE ÁRBOLES EN LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO MIXTO DE ALTURA-DIAMETRO DE *Pinus douglasiana* Martínez

Ernesto Alonso Rubio-Camacho[1*], Jaqueline Xelhuantzi-Carmona[1], Álvaro Agustín Chávez-Durán[1], Sacramento Corral-Rivas[2]

[1]C. E. Centro Altos de Jalisco, INIFAP-CIRPAC; [2]Instituto Tecnológico de El Salto (ITES).

[*]Autor para correspondencia: rubio.ernesto@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Efectos aleatorios, Efectos Fijos, Inventarios forestales, CalibraBosque 1.0

Introducción

Los modelos de efectos mixtos se han convertido en una herramienta fundamental de la ciencia forestal en México (Corral-Rivas et al., 2019; Rubio-Camacho et al., 2022). Sin embargo, cuando estos modelos se utilizan en lugares nuevos, distintos a los utilizados para su ajuste, es necesario llevar a cabo un proceso de calibración de los efectos aleatorios. Para esto se requiere tomar una pequeña muestra de árboles en el nuevo sitio. No obstante, el número de árboles necesarios para una adecuada calibración está en función de la precisión requerida y de las necesidades específicas del inventario. Tener este conocimiento daría certeza sobre el uso de los modelos mixtos en el sector forestal de México a través de la validación del uso de modelos previamente ajustados, demostrando la utilidad de estos en bases de datos nuevas.

Objetivo

Evaluar el efecto del número de árboles sobre la validación y calibración de los efectos aleatorios en un modelo mixto de altura-diámetro de *Pinus douglasiana* Martínez.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo la evaluación del número de árboles en la calibración, se levantaron de manera estratificada y azar, 24 sitios de muestreo de 1000 m^2 en distintas zonas forestales de Jalisco. En cada sitio, se registró la especie de todos los árboles con diámetro <= 7.5 cm a la altura de 1.30 m, además, se les midió el diámetro en cm con cinta diamétrica y la altura en m con clinómetro, a todos los individuos. Estos sitios se utilizaron para calibrar y validar el modelo desarrollado por Xelhuantzi-Carmona et al., (2024) para *Pinus douglasiana* Martínez en el estado de Jalisco. Este es un modelo generalizado, es decir, que utiliza variables del rodal como variables predictoras o independientes (área basal por hectárea, número de árboles por hectárea y diámetro medio cuadrático). Además, incorpora efectos aleatorios a nivel de sitio de muestreo, esto es, cada sitio de muestreo representa una curva de predicción condicional. A continuación, el modelo:

$$h = 1.3 + (-2.76 + u_i + 7.7 \cdot \log(d_g))\, exp\left(-\left(1.57 + v_i + (-9.89) \cdot log\left(\frac{G}{N}\right)\right) \cdot exp(-0.07 \cdot d)\right)$$

Donde: donde: *h* = altura total (m); *d* = diámetro normal (cm); *N* = número de árboles por hectárea; *G* = área basal total (m^2 ha^{-1}); *dg* = diámetro medio cuadrático (cm); u_i y v_i = efectos aleatorios (Xelhuantzi-Carmona et al., 2024).

La calibración del modelo es necesaria cuando se pretende utilizar el modelo mixto en sitios nuevos e independientes del ajuste inicial. El proceso es simple, primero se estima el parámetro aleatorio del nuevo sitio utilizando la ecuación del método FOCE (Lindstrom & Bates, 1990) que, a través de un enfoque iterativo, estima el valor del efecto aleatorio $\hat{b}$ en el sitio nuevo, a través de la siguiente fórmula:

$\hat{b}_i = \hat{D}Z_i^T\left(\hat{R}_i + Z_i\hat{D}Z_i^T\right)^{-1}[y_i - f\left(x_i, \hat{\beta}, \hat{b}\right) + Z_i\hat{b}]$

Donde: $\hat{b}_i$ = efecto aleatorio a estimar, f es la función no lineal, $\hat{\beta}$ = vector de los efectos fijos estimados, i es el sitio de muestreo, $\hat{D}$ = matriz de varianza-covarianza $(q * q)$ asociada al elemento aleatorio, $\hat{R}_i$ = matriz de varianza-covarianza $(m * m)$ del error, Z_i = matriz $m * q$ de las derivativas parciales de los efectos aleatorios.

Para utilizar este método, fue necesario probar diferente tamaño y combinaciones de submuestras, en cada uno de los 24 sitios, para llevar a cabo la calibración del efecto aleatorio y validación del modelo. En estudios previos se han probado distintas combinaciones árboles para la estimación de los efectos aleatorios, y en este estudio se probaron las descritas por Rubio-Camacho et al., (2022). Para determinar el número óptimo, se incorporaron, de manera sistemática (incrementado de uno en uno), la altura de los 10 árboles más gruesos y los árboles más cercanos a los cuartiles de cada sitio y se utilizaron estadísticos del error descritos por Corral-Rivas et al., (2019) para evaluar los modelos. Para llevar a cabo el trabajo se utilizó la aplicación CalibraBosque 1.0 desarrollada por investigadores del INIFAP-CIRPAC, esta aplicación lleva a cabo el proceso de calibración y predicción de las alturas arbolado en los sitios nuevos de manera automática.

Resultados y discusión

Para comparar el efecto del número de árboles en la calibración se utiliza como base el error del modelo ajustado. Así, se obtuvo que para la raíz del error medio cuadrático (RMSE), los valores mostraron un rango de variación de 1.63 metros (Figura 1, A). El valor más cercano al del modelo ajustado (el ideal), tomando en cuenta también los criterios de información de Akaike y el Bayesiano (AIC y BIC), fue el que utilizó nueve árboles para la estimación del efecto aleatorio. Por otro lado, cuando se probó el modelo sin la calibración, es decir, sólo utilizando los efectos fijos (EF) del modelo (Cuadro 1), es cuando se obtuvo la menor precisión. En este sentido, no se recomienda utilizar el modelo sin calibrar, ya que tienen un efecto muy marcado en la precisión de las estimaciones, sobre todo en los sitios nuevos.

Otro punto a destacar, es que cualquier número de árboles submuestra resulta mejor a la alternativa de no utilizar la calibración. En este sentido, incluso cuando se utiliza un solo árbol, el modelo mejora la predicción de las alturas, superando hasta en 25% el valor de la R^2 mostrada por las predicciones del modelo de efectos fijos (Figura 1, B). Finalmente, la decisión sobre cuantos árboles utilizar va a depender de la precisión requerida y de los recursos financieros con los que se cuenta. Sin embargo, consideramos que el medir los tres árboles más gruesos puede ser un número recomendable, ya que, además de mostrar una mejora en la precisión y por su facilidad de medir en campo, también se pueden utilizar estos árboles para estimar otras variables de importancia forestal.

Cuadro 1. Valores del error para los distintos métodos de selección del arbolado en la calibración del modelo mixto evaluado. Dónde DS (ABS) = desviación absoluta; RMSE = raíz del error medio cuadrático; R^2_{adj} = coeficiente de determinación; LogL = logaritmo de verosimilitud; AIC = criterio de información de Akaike; BIC = criterio de información Bayesiano.

N	DS (ABS)	RMSE	R^2_{adj}	logL	AIC	BIC
1	1.98	2.62	0.76	-726.83	1465.67	1488.01
2	1.82	2.37	0.80	-695.84	1403.68	1426.02
3	**1.72**	**2.25**	**0.82**	**-679.99**	**1371.97**	**1394.31**
4	1.67	2.21	0.83	-674.21	1360.42	1382.76
5	1.66	2.18	0.83	-669.89	1351.79	1374.13
6	1.61	2.12	0.84	-662.28	1336.55	1358.89
7	1.60	2.12	0.84	-661.05	1334.10	1356.44
8	1.59	2.10	0.84	-658.27	1328.54	1350.88
9	1.58	2.10	0.84	-658.89	1329.77	1352.12
10	1.59	2.11	0.84	-660.41	1332.82	1355.16
QQ	1.68	2.24	0.82	-678.01	1368.02	1390.36
Q_{12}	1.90	2.57	0.77	-720.26	1452.52	1474.86
Q_{13}	1.81	2.40	0.80	-699.01	1410.01	1432.36
Q_{23}	1.68	2.25	0.82	-679.31	1370.62	1392.96
Q_2	2.14	2.93	0.70	-760.39	1532.77	1555.12
EF	**2.95**	**3.73**	**0.51**	**-834.87**	**1681.73**	**1704.07**

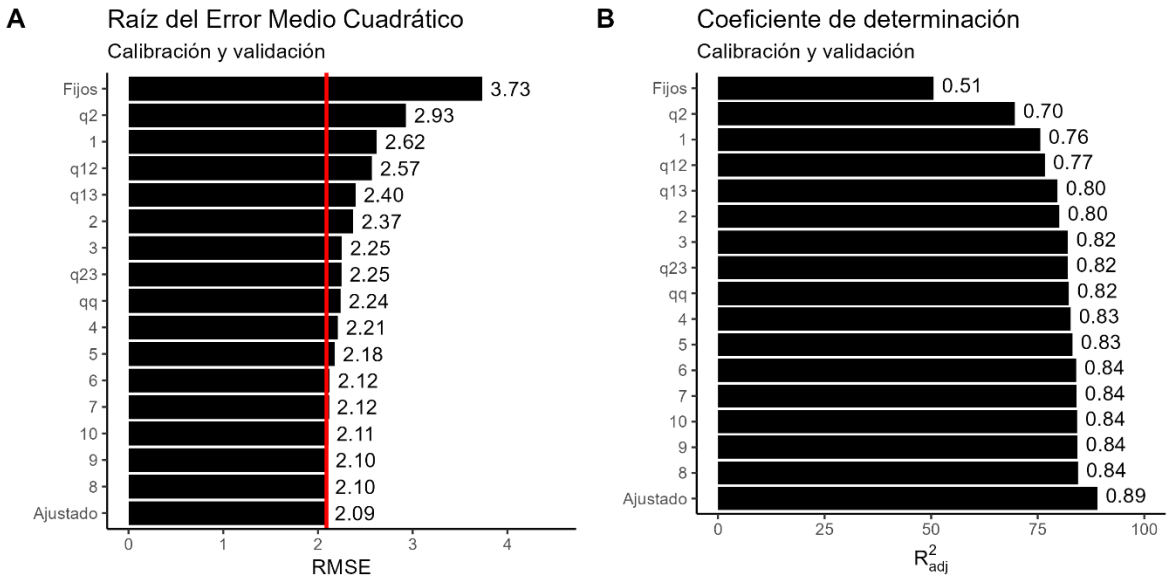


Figura 1. Evaluación de la selección del arbolado submuestra en la calibración y validación del modelo generalizado de altura-diámetro de *Pinus douglasiana*.

Conclusiones

En este trabajo se evaluó el número de árboles para calibrar los efectos aleatorios en un modelo de *Pinus douglasiana* en Jalisco. Se utilizó la aplicación CalibraBosque 1.0 para facilitar el análisis. Con base en los resultados se concluye que la opción más recomendable es utilizar la altura los tres aboles más gruesos para llevar a cabo la calibración del modelo. Sin embargo, aunque se utilice la altura de un solo árbol el modelo sigue siendo bueno para predecir alturas. Con estos resultados esperamos contribuir al desarrollo de la ciencia forestal de México y a reducir los costos de inventarios.

Agradecimientos y fuente financiera

Los autores agradecemos al INIFAP por el soporte financiero a través de los proyectos con número 1659427251 y 2-1.6-12521135910-F-M.2-1.

Referencias bibliográficas

Corral-Rivas, S., Silva-Antuna, A. M., & Quiñonez-Barraza, G. (2019). A generalized nonlinear height–diameter model with mixed-effects for seven Pinus species in Durango, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *10*(53), 86–117. https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.500

Lindstrom, M. J., & Bates, D. M. (1990). Nonlinear Mixed Effects Models for Repeated Measures Data. *Biometrics*, *46*(3), 673. https://doi.org/10.2307/2532087

Rubio-Camacho, E. A., Corral-Rivas, S., López-Hernández, J. A., Chávez-Durán, Á. A., Xelhuantzi-Carmona, J., & Nagel, J. (2022). Generalized Height-Diameter Models with Random Effects for Natural Forests of Central Mexico. *CERNE*, *28*(1), e-103033. https://doi.org/10.1590/01047760202228011030 33

Xelhuantzi-Carmona, J., Corral-Rivas, S., Barrera-Ramírez, R., Muñoz-Flores, H. J., & Rubio-Camacho, E. A. (2024). A mixed-effects height-diameter model for Pinus douglasiana Mar-tínez in temperate forests of Jalisco, Mexico. *Agro Productividad*, *In press*(In press), in press.

VARIABLES ÓPTICAS DERIVADAS DE IMÁGENES RGB DE DRONES COMO AUXILIARES PARA ESTIMAR BIOMASA DE *Larrea tridentata* EN EL NORTE DE MÉXICO

[1, 2*]Adrián Hernández-Ramos, [2]José René Valdez-Lazalde, [2]Hector Manuel de los Santos-Posadas, [2]Valentin José Reyes-Hernández, [3]Pablito Marcelo López-Serrano, [4]Casimiro Oroñez-Prado, [1]Antonio Cano-Pineda

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental Saltillo. [2]Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. [3]Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). [4]INIFAP-Campo Experimental San Martinito.

*Autor para correspondencia: adrian.hernandezr90@gmail.com

Palabras clave. Drones, productos forestales no maderables, sensores remotos.

Introducción

La vegetación de los ecosistemas semiáridos posee una estructura compleja producto de una alta diversidad de formas de vida, especies con distintos tamaños, hábitos de crecimiento y patrones espaciales de distribución. La caracterización y evaluación de esta vegetación es fundamental para diseñar e implementar prácticas silviculturales orientadas a una gestión sostenible, así como para obtener estimaciones precisas de las variables clave en los inventarios forestales (Ritter et al., 2024). No obstante, la evaluación de estos ecosistemas enfrenta desafíos importantes, como la obtención de datos en campo, dificultada por la heterogeneidad estructural de la vegetación y las condiciones ambientales adversas. En este contexto, el uso de sensores remotos ópticos montados en drones se presenta como una alternativa eficaz para mejorar la eficiencia de los inventarios forestales y aumentar la precisión de las estimaciones, debido a que proporcionan datos de alta resolución que capturan características detalladas de la vegetación (Esquivel et al., 2023). Desafortunadamente, la eficiencia de esta tecnología en ecosistemas semiáridos aún no ha sidoprobada, ni adaptada a las estructuras y caracteristicas que presenta este tipo de vegetación. Por ello, el objetivo fue evaluar el efecto de incluir métricas de imágenes RGB de alta resolución en la precisión de estimadores muestrales para estimar el inventario de biomasa de *Larrea tridentata,* como alternativa para la evaluación de los recursos no maderables.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el Ejido Hipólito, Ramos Arizpe, Coahuila, México (25.756°N, -101.408°O; WGS84), en una superficie de 116.11 ha que corresponden a una vegetación de matorral desértico rosetófilo de porte arbustivo (altura < 6.0 m). **Datos de campo**. Se establecieron 119 parcelas cuadradas de 10 × 10 m (100 m^2) y se georreferenciaron en la esquina suroeste. En cada parcela se midió el diámetro de cobertura (m) y la altura (m) de todos los individuos (Ind) de *Larrea tridentata* (gobernadora). Con estos datos se estimó la biomasa por individuo (kg) con la ecuación desarrollada por López-García et al. (2019). Posteriormente, se obtuvo la biomasa aérea total por parcela a partir de la sumatoria de la biomasa de todos los individuos dentro de cada parcela. Finalmente, los valores a nivel parcela se extrapolaron a nivel de hectárea (Mg ha^{-1}). **Datos de sensores remotos**. Se capturaron de toda el área imágenes compuestas por tres canales de coloración (roja [R_{rgb}], verde [V_{rgb}] y azul [A_{rgb}]) y resolución espacial de 0.04 m, con una cámara RGB montada en un dron DJI Matrice 300 RTK. A partir de estas se derivaron 32 métricas auxiliares integradas por cinco índices de vegetación (proporción verde [GRVI], rojo-verde-azul [RGBVI], hoja verde [GLI], resistencia atmosférica visible [VARI] y diferencia verde-rojo normalizado [NGRDI]) y 24 variables de textura de la matriz de coocurrencia de niveles de grises. **Análisis estadístico.** Se estimó el inventario de biomasa de *L. tridentata* con un muestreo simple al azar (MSA) tradicional, el cual se tomó como punto de comparación de la eficiencia estadística de los estimadores del muestreo estratificado (ME), de razón de medias (ER) y asistido por modelos (EAM). Para los dos últimos estimadores se usaron variables auxiliares derivadas de datos ópticos RGB. Para el ME los estratos se definieron a partir de la biomasa por sitio, empleando *K-medias* para el agrupamiento no supervisado de las parcelas. En el ER se utilizó la variable de mayor correlación de Pearson con la biomasa; en los EAM se usaron los modelos de regresión lineal (Lin) generado mediante selección stepwise y el algoritmo de maquinas de vectores de

soporte (MVS), para ambos se incluyeron las variables seleccionadas por cada modelo. Se compararon los estimadores de media, varianza y error de muestreo (EM) para todos los muestreos y se analizaron con la prueba no paramétrica de Mann Whitney Wilcoxon para detectar diferencias a una significancia del 95 %. El análisis se realizó en el software R mediante la interfaz R-Studio.

Resultados y discusión

El inventario con MSA tuvo un promedio de biomasa de 0.85 Mg ha^{-1}, con existencias totales de 98.93 Mg ha^{-1} en las 116.11 ha del área de estudio. La varianza asociada a la media fue de 0.68 y el error de muestro de 17.42 %. La distribución espacial de la biomasa estimada con datos de campo (parcelas de muestreo) se visualiza homogénea en una proporción importante de la superficie, presentando frecuencias altas de parcelas con valores de biomasa de entre 0.31 Mg ha^{-1} y 1.05 Mg ha^{-1}, y con siete registros mayores a 2.0 Mg ha^{-1}. Esto genera una distribución asimétrica, sesgada a la derecha (Figura 1).

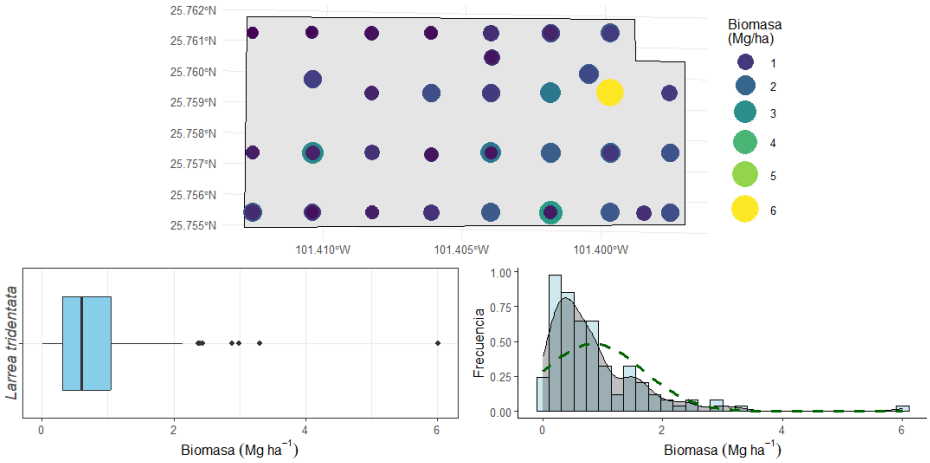


Figura 1. Distribución espacial de sitios de muestreo, dispersión, frecuencia y función de normalidad de los datos observados de biomasa aérea de *Larrea tridentata*.

El análisis de correlación de las 32 métricas auxiliares con la biomasa aérea indicó que solo 18 presentaron significancia, en su mayoría conformado por las métricas de textura. A pesar de la significancia, todas las correlaciones fueron inferiores a r = 0.30, esto podría explicarse por el efecto del brillo del suelo en los valores de coloración RGB que genera sesgos al momento de discriminar la vegetación (Toit et al., 2023) y, consecuentemente, una afectación en la eficiencia de estas variables en la precisión de los estimadores muestrales. El ER empleó la variable homogeneidad de textura de la banda verde (V_{rgb}Ho; r = 0.29, p-valor = 0.0014) y obtuvo una media de 0.869 Mg ha^{-1} y un EM de 16.32 %. Los EAM con el modelo lineal, empleando V_{rgb}Ho como variable auxiliar, presentó una media de 0.876 Mg ha^{-1} y en EM de 16.21 %, y con el algoritmo de MVS se obtuvo una media de 0.803 Mg ha^{-1} y un EM de 15.95 % empleando 10 métricas de textura de las bandas RGB como auxiliares en la predicción de la biomasa aérea de *L. tridentata*.

Cuadro 1. Valores de los estimadores obtenidos para cada tipo de muestreo para estimar el inventario total de biomasa de *Larrea tridentata*.

Muestreo	Media	Varianza	IC-	IC+	Error de muestreo	Inventario total	Amplitud	p-valor
MSA	0.852	0.682	0.703	1.000	17.420	98.890	0.297	-----
ME	0.852	0.238	0.756	0.947	11.163	98.890	0.191	*0.5614*
ER	0.869	0.623	0.726	1.012	16.324	100.896	0.286	*0.8857*
EAM$_{Lin}$	0.876	0.625	0.733	1.019	16.206	101.739	0.286	*0.8857*
EAM$_{MVS}$	0.803	0.508	0.674	0.932	15.950	93.222	0.258	*0.6857*

Media: Mg ha^{-1}; Amplitud: rango entre los intervalos de confianza (Mg ha^{-1}); Inventario total: Mg ha^{-1}; Error de muestreo: %; MSA: muestre simple al azar; ME: muestreo estratificado; ER: estimador de razón; EAM: estimador asistido por modelos; Lin: modelo lineal stepwise; MVS: maquinas de vectores de soporte; IC- y IC+: intervalo de confianza superior e inferior.

La comparación de las estimaciones de los tipos de muestreo con el MSA demostró que la inclusión de variables auxiliares redujo la varianza asociada a la media y el error de muestreo en los casos de ER, EAM_{Lin} y EAM_{MVS}, además de obtener estimaciones con menor incertidumbre, al reducir los intervalos de confianza. La media y el inventario total fueron similares en todos los casos. La prueba de Mann Whitney Wilcoxon indicó que no existen diferencias estadísticas en los muestreos comparados con el MSA ($p > 0.05$). De los cuatro tipos de muestreo, el ME es el que redujo en mayor proporción la varianza, el EM y los intervalos de confianza, seguido del EAM_{MVS}, siendo este el más conservador y que presentó estimaciones de distribución espacial de la biomasa acordes a los presentados en los sitios de muestreo (Cuadro 1; Figuras 1 y 2). Estas ganancias en precisión se debieron a que, a diferencia de los muestreos basados en diseños como MSA, los EAM fundamentan su eficiencia en la capacidad del modelo empleado y de la varianza asociada a la variable auxiliar que fue medida sin error (Babu et al., 2019).

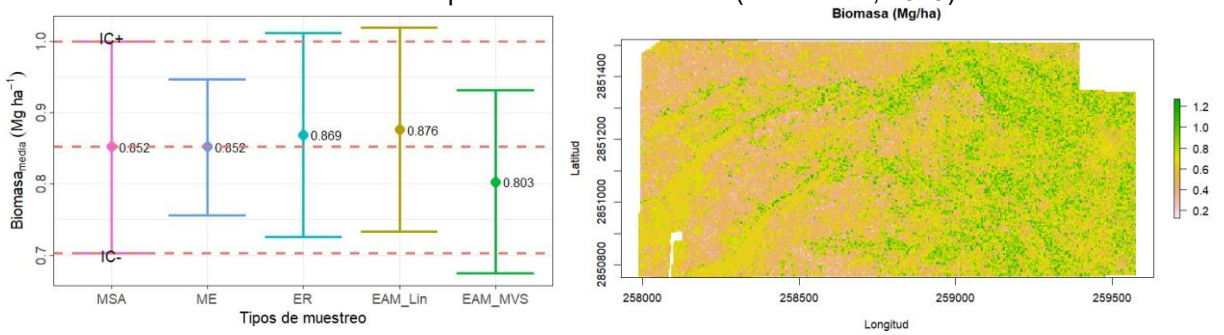


Figura 2. Estimadores de la media y amplitud de los intervalos de confianza para los tipos de muestreos analizados (izquierda) y distribución espacial de la biomasa aérea de *Larrea tridentata* estimada con el algoritmo de maquinas de vectores de soporte a partir de métricas de imágenes RGB de alta resolución obtenidas con dron (derecha).

Conclusiones

La inclusión de métricas de textura derivadas de imágenes RGB de alta resolución espacial aumentó la precisión de los estimadores muestrales para estimar el inventario de biomasa de *Larrea tridentata*, ya que disminuyó la varianza asociada a la media y el error de muestreo. Sin embargo, el valor del inventario calculado con la asistencia de métricas de imágenes no fue estadísticamente diferente al valor estimado mediante MSA.

Agradecimientos y fuente financiera

Al INIFAP por financiar el proyecto de investigación 14464435064 -Estimación de variables forestales en ecosistemas áridos y semiáridos mediante datos de sensores remotos para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (Etapa 1 de 2). A la SECIHTI por el apoyo de beca al primer autor.

Referencias bibliográficas

Babu, D., Renaud, J., Morneau, F., McRoberts, R. E., Vega, C. 2019. Increasing Precision for French Forest Inventory Estimates using the k-NN Technique with Optical and Photogrammetric Data and Model-Assisted Estimators. Remote Sensing, 11(8): 991. doi: 10.3390/rs11080991

Esquivel, R., A., Gutiérrez G., U. N., Moreno R., M., Veliz D., F. G., Arellano R., F. 2023. Imágenes digitales obtenidas por dron para estimar el rendimiento de la biomasa en un sitio de pastizal del estado de Durango. Nova Scientia, 15(30): 1–14. doi: 10.21640/ns.v15i30.3174

López-García, R., Flores-Hernández, A., Hernández-Salgado, J. R., Murillo-Amador, B., Valenzuela N., L. M. 2019. Estimación de producción de follaje y resina de *Larrea tridentata* en Tlahualilo, México. Ciencia e Innovación, 2(2): 521-532.

Ritter, T., Tockner, A., Krassnitzer, R., Witzmann, S., Gollob, C., Nothdurft, A. 2024. Optimizing line-plot size for personal laser scanning: modeling distance-dependent tree detection probability along transects. iForest, 17: 269-276. doi: 10.3832/ifor4588-017

Toit, D. F., Coops, N. C., Ratcliffe, B., El-Kassaby, Y. A., Lucier A. 2023. Modelling internal tree attributes for breeding applications in Douglas-fir progeny trials using RPAS-ALS. Science of Remote Sensing, 7: 100072. doi: 10.1016/j.srs.2022.100072

SISTEMA COMPATIBLE DE AHUSAMIENTO Y VOLUMEN COMERCIAL PARA *Cedrela odorata* L. EN QUINTANA ROO

Secundino Torres-Lamas[1*], Xavier García-Cuevas[1], Juan de Dios Benavides-Solorio[2], Jonathan Hernández-Ramos[3], Ramiro Puc-Kauil[4]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Chetumal; [2]INIFAP. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco; [3]INIFAP. Campo Experimental Bajío; [4]Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza.

*Autor para correspondencia: torres.secundino@inifap.gob.mx

Palabras clave. Ahusamiento, cedro rojo, distribución de productos, perfil fustal.

Introducción

Quintana Roo es uno de los principales productores de maderas preciosas en México. En 2022, el Estado generó 3,947.9 m³r de especies preciosas, con un valor de 13.9 millones de pesos (CONAFOR, 2023). Dentro de este grupo destaca *Cedrela odorata* L., una especie ampliamente aprovechada en la región. Sin embargo, la falta de ecuaciones locales para estimar su volumen impide cuantificar con precisión sus existencias, lo cual puede derivar en sobre aprovechamiento y en pérdidas económicas al no considerar adecuadamente los subproductos. Las funciones de ahusamiento son herramientas matemáticas prácticas para cuantificar el volumen y la distribución de productos de árboles en pie. Estos datos son relevantes en la elaboración de programas de manejo forestal para el aprovechamiento maderable. Las funciones de ahusamiento permiten estimar el diámetro a diferentes alturas del árbol y, mediante integración matemática, también el volumen comercial en función del diámetro o altura comercial deseados (Kozak, 2004). Esta integración genera un sistema de ecuaciones compatibles diámetro-volumen, que comparten parámetros y estructura geométrica, lo que permite ajustarlas simultáneamente por regresión, reduciendo la varianza y aumentando la consistencia estadística.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue generar un sistema compatible de ahusamiento-volumen comercial a partir del ajuste de dos modelos de ahusamiento, ajustados en forma compatible con sus respectivas funciones de volumen comercial para *Cedrela odorata* (cedro) en selvas tropicales de Quintana Roo.

Materiales y métodos

Para el estudio se utilizó información de 89 árboles de *Cedrela odorata* de 10 años de edad. Las mediciones se hicieron a 0.3, 0.6, 1.3, 2.5, m. y de ahí cada dos metros hasta la punta del árbol. Los diámetros hasta 2.5 m se midieron con una cinta diamétrica, mientras que las mediciones a mayores alturas se realizarán con dendrómetro Critérium RD 1000. Se generaron un total de 706 pares de datos diámetro-altura. Para la cubicación de volumen total del árbol se sumó el volumen de cada una de las trozas las cuales fueron cubicadas con la fórmula de Smalian, mientras que el volumen de la puta se consideró como un cono. Los modelos utilizados fueron el de Fang y Bailey (1999) caso I-a (1) y Lenhart y Clutter (1971) (2) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Funciones de ahusamiento y volumen comercial para *Cedrela odorata* en Quintana Roo.

Modelo	Función de ahusamiento	Función de volumen
Fang y Bailey (1999)	$d = \sqrt{\frac{\alpha_0}{\beta_0} D^{\alpha_1} H^{\alpha_2 - \frac{k}{\beta_0}} h_t^{(k-\beta_0)/\beta_0}}$	$V_c = e\alpha_0 D^{\alpha_1} H^{\alpha_2} - \beta_0 d^2 h_t$
Lenhart y Clutter (1971)	$d = \left[D \left(\frac{H-h}{H-1.3} \right) \right]^{\frac{1}{\beta_1 - 2}}$	$V_c = e\alpha_0 D^{\alpha_1} H^{\alpha_2} - \beta_0 \frac{d^{\beta_1}}{D^{\beta_1 - 2}} (H - 1.3)$

El ajuste simultáneo de cada sistema compatible se realizó en SAS 9.4® mediante el procedimiento MODEL y la técnica FIML, que proporciona estimaciones consistentes al minimizar errores en ambas ecuaciones d–Vc (Fang et al., 2000). Para evitar problemas de convergencia cuando Hi = H (di = 0), se incorporó un valor delta de 0.001 y una variable indicadora en la punta del árbol (Fang et al., 2000). A partir de los resultados estadísticos de cada modelo, se compararon y seleccionó el de mejor ajuste, utilizando criterios estadísticos como: el coeficiente de determinación ajustado R^2_{Adj} que mide el porcentaje de

variabilidad explicada por el modelo; la suma de cuadrados del error (SCE), que se refiere a la sumatoria de las diferencias al cuadrado entre los valores observados y los predichos por el modelo; el cuadrado medio del error (CME), que estima el promedio del error y el nivel de significancia de los coeficientes.

Resultados y discusión

Los dos modelos evaluados presentaron parámetros altamente significativos ($p<0.0001$), lo que indica que los coeficientes estimados contribuyen significativamente a la explicación de las variables dependientes. En la estimación del volumen comercial, el modelo de Fang y Bailey (1999) mostró el mejor ajuste, con una suma de cuadrados del error (SCE) de 0.4741, un cuadrado medio del error (CME) de 0.000676 y un coeficiente de determinación ajustado (R^2_{Adj}) de 0.952. El modelo de Lenhart y Clutter (1971) presentó un ajuste ligeramente inferior, con una SCE de 0.5583, un CME de 0.000798 y un R^2_{Adj} de 0.943.
En cuanto al ahusamiento, el modelo de Fang y Bailey (1999) también presentó un desempeño ligeramente superior, con una SCE de 1944.2, un CME de 2.7735 y un R^2_{Adj} de 0.968, frente a los valores del modelo de Lenhart y Clutter (1971), que registró una SCE de 2060.6, un CME de 2.9270 y un R^2_{Adj} de 0.966. Las diferencias en esta variable fueron mínimas. Respecto al ajuste simultáneo para volumen y ahusamiento, el modelo de Fang y Bailey (1999), tuvo un mejor ajuste, con un R^2_{Adj} de 0.962, frente al 0.899 obtenido por Lenhart y Clutter (1971), indicando un ajuste general más robusto.

Cuadro 2. Estimadores de los parámetros y bondad de ajuste de los modelos de ahusamiento y volumen comercial evaluados.

Modelo	Tipo	Parms	Estimador	se	Pr > t	SCE	CME	R^2_{Adj}
Fang y Bailey (1999) Caso I-a	Volumen Comercial	a0	0.000066	5.673E-6	<.0001	0.4741	0.000676	0.952
		a1	1.808846	0.0294	<.0001			
		a2	0.940656	0.0437	<.0001			
		b0	0.000022	2.418E-7	<.0001			
	Ahusamiento	a0	0.000086	8.728E-6	<.0001	1944.2	2.7735	0.968
		a1	1.837954	0.0436	<.0001			
		a2	0.85648	0.0644	<.0001			
		b0	0.000025	2.39E-7	<.0001			
	Ajuste Simultaneo	a0	0.00009	6.666E-6	<.0001	0.6075	0.000864	0.939
		a1	1.800723	0.0190	<.0001			
		a2	0.854786	0.0294	<.0001			
		b0	0.000025	1.616E-7	<.0001	2268.5	3.2268	0.962
Lenhart y Clutter (1971)	Volumen Comercial	a0	-9.66362	0.0868	<.0001	0.5583	0.000798	0.943
		a1	1.79107	0.0293	<.0001			
		a2	1.006252	0.0438	<.0001			
		b0	0.000025	4.53E-7	<.0001			
		b1	1.860667	0.0539	<.0001			
	Ahusamiento	b1	2.981036	0.00116	<.0001	2060.6	2.9270	0.966
	Ajuste Simultaneo	a0	-9.89282	0.0828	<.0001	2103.3	2.9856	0.899
		a1	1.965404	0.0219	<.0001			
		a2	0.859899	0.0280	<.0001			
		b0	0.000021	1.083E-7	<.0001			
		b1	2.976665	0.00110	<.0001	0.9915	0.00142	0.965

Parms=parámetros, se=error estándar, Pr>t=nivel de significancia de los estimadores, SCE=suma de cuadrados del error, CME=cuadrado medio del error, R^2_{Adj}=coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros.

El modelo de Fang y Bailey (1999) mostró una correlación estrecha entre los valores estimados y observados del volumen acumulado (Figura 1a), evidenciando una alta precisión en sus predicciones. En cambio, el modelo de Lenhart y Clutter (1971) presentó mayor dispersión (Figura 1b), lo que refleja una menor capacidad para predecir el volumen comercial de manera confiable.

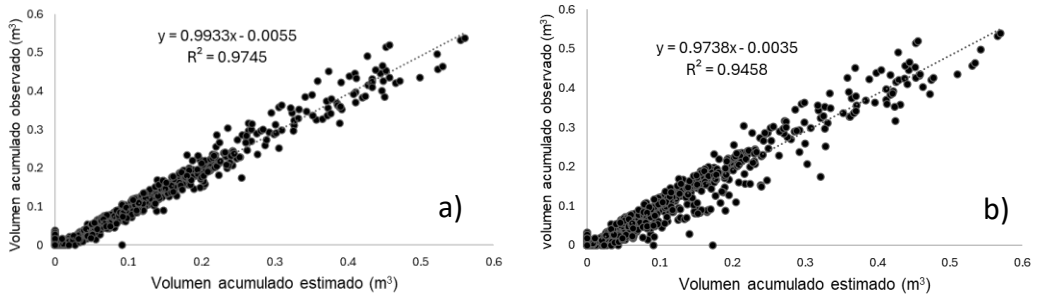


Figura 1. Volumen acumulado estimado versus volumen acumulado observado para los modelos de Fang y Bailey (1999) Caso I-a (a) y Lenhart y Clutter (1971) (b).

Los perfiles fustales generados por el modelo de Fang y Bailey (1999) siguieron con mayor exactitud la forma observada del fuste en los árboles (Figura 2).

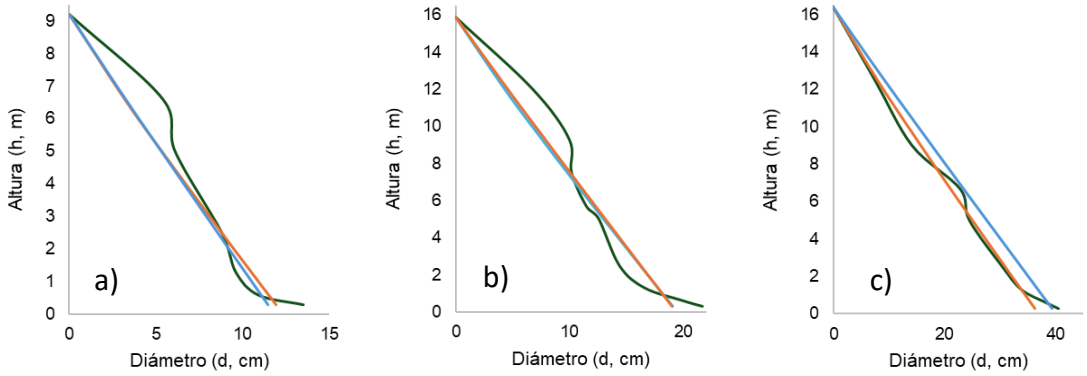


Figura 2. Proyección del ahusamiento de valores observados (línea verde) y predichos por el modelo de Fang y Bailey (línea naranja) y Lenhart y Clutter (línea azul) para el árbol con el diámetro normal mínimo (a), medio (b) y máximo (c) de *Cedrela odorata*.

Conclusiones

Los modelos de Fang y Bailey (1999) caso I-a y Lenhart y Clutter (1971) ajustados de forma simultánea demostraron ser eficaces para estimar el volumen comercial y el ahusamiento del fuste en *Cedrela odorata* L. Sin embargo, el modelo de Fang y Bailey (1999) caso I-a presentó un mejor desempeño general, al mostrar mayor precisión y ajuste en la predicción del volumen y una buena capacidad para describir la forma del fuste.

Referencias bibliográficas

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2023). Estado que guarda el sector forestal en México 2022: Bosques para el bienestar social y ambiental. CONAFOR.

Fang, Z., & Bailey, R. L. (1999). Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in southern China. Forest Science, 45(1), 85-100

Fang, Z., Borders, B. E., & Bailey, R. L. (2000). Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. Forest Science, 46, 1-12. doi: 10.1093/forestscience/46.1.1

Kozak, A. (2004). My last words on taper equations. The Forestry Chronicle, 80(4), 507-515. doi: 10.5558/tfc80507-4.

Lenhart, J. D., & Clutter, J. L. (1971). Cubic-foot yield tables for old-field loblolly pine plantations in the Georgia Piedmont (Report 22, Georgia Forest Research Council [12 pp.]). Georgia: Georgia Forest Research Council.

BOSQUES GESTIONADOS CON FINES MADERABLES EN EL CENTRO DE MÉXICO: ¿FUENTE O SUMIDERO DE CARBONO?

Bossuet Gastón Cortés-Sánchez[1, 2]*, Gregorio Ángeles-Pérez[2], Héctor M. de los Santos-Posadas[2], José René Valdez-Lazalde[2], María de los Ángeles Soriano-Luna[3]

[1]Sitio Experimental Tlaxcala, INIFAP, [2]Posgrado Forestal, Colegio de Postgraduados, [3]Comisión Nacional Forestal

*Autor para correspondencia: cortes.bossuet@inifap.gob.mx

Palabras clave: Manejo forestal, silvicultura, efecto invernadero.

Introducción

Los bosques absorben dióxido de carbono (CO_2) atmosférico y lo almacenan en sus estructuras, contribuyendo así con la mitigación del cambio climático. En el manejo de los ecosistemas forestales se concentran las acciones y estrategias para aumentar la absorción y almacenamiento de carbono (C), contribuyendo a alcanzar los objetivos del Acuerdo de París de equilibrar las emisiones de CO_2 para la segunda mitad del siglo XXI (Sevillano *et al*., 2025). En México la gestión forestal considera dos principales sistemas de ordenación para la producción maderable en bosques templados: los sistemas que generan rodales coetáneos y los que dan como resultado rodales incoetáneos. Estos sistemas se emplean mediante dos métodos: el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) (Ramírez-Santiago, et al., 2019). Es conocido que el efecto de la gestión forestal sobre los almacenes de carbono es principalmente la reducción de sus existencias como consecuencia de las prácticas silvícolas (Ruiz-Peinado *et al*., 2017). El modelo de balance de carbono del sector forestal canadiense (CBM-CFS3, por sus siglas en inglés) cuantifica las existencias anuales pasadas de C en los bosques, los cambios en los almacenes causados por procesos y perturbaciones ecológicas, y simula la dinámica futura de C en los bosques bajo (Kurz, *et al*., 2016).

Objetivo

Evaluar la gestión forestal del centro de México y estimar la dinámica de carbono empleando el CBM-CFS3.

Materiales y métodos

El área de estudio se centra en el paisaje forestal de 900 ha en el Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono (SMIC) Atopixco, localizado en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo. Se localiza entre las coordenadas 20°40’17” y 20°34’51” latitud norte, 98°40’07” y 98°34’22” longitud oeste. La precipitación promedio anual es de 1,534 mm, con una temperatura media anual de 13º C y el clima templado húmedo. Los suelos son de origen volcánico, profundos y ricos en materia orgánica; en las partes bajas existen suelos Feozem háplico y en las partes altas existe Regosol calcárico. La vegetación dominante son bosques coetáneos de *Pinus patula.*

Información de campo: Se emplearon datos de campo de 64 parcelas circulares de monitoreo permanente de 400 m^2, organizadas en conglomerados de cuatro unidades muestrales distribuidas en forma de Y invertida alrededor de la parcela central, ubicando una al norte franco y la otras dos a 120° y 240° a una distancia de 45.14 m. En cada unidad de muestreo se midió el diámetro normal (dn, cm) y altura total (at, m) de todos los árboles con dn igual o mayor a 5 cm. A partir de esta información se calculó el volumen (vta, m^3), empleando el modelo propuesto por Cruz-Martínez (2007).

Análisis forestal y compilación para el CBM-CFS3: El modelo tiene condiciones y parámetros predefinidos, lo cual requiere una selección cuidadosa de estos. Por esta razón, fue necesario identificar similitudes entre las especies y condiciones presentes en el área de estudio y aquellas definidas en el CBM-CFS3. Se estimó el inventario de biomasa a nivel paisaje forestal y por hectárea con modelos de biomasa desarrollados en el área de estudio (Soriano-Luna, 2014; Soriano-Luna et al., 2015) y fueron comparados con los estimadores de los modelos de biomasa definidos en el CBM-CFS3. El marco espacial del proyecto fue gestionado utilizando sistemas de información geográfica. Se delimitaron los rodales en el paisaje forestal y determinó su superficie. Resultando 125 rodales forestales en el paisaje de estudio. Uno de los principales insumos para el CBM-CFS3 son las curvas de crecimiento, empleados para proyectar y simular

el desarrollo de los bosques. Además de: la edad de la masa; especies dominantes; nivel de productividad; el inventario forestal y las perturbaciones naturales y/o antrópicas. Las curvas de crecimiento se definieron de acuerdo con la calidad de estación, utilizando el índice de sitio (IS) que determina el nivel de productividad de cada rodal y fueron las propuestas por Santiago-García et al. (2013).

Simulación de cosecha: Se simularon dos escenarios: el actual de manejo forestal con información de los Programas de Manejo Forestal (PMF) de la zona de estudio, que consiste esencialmente en las cortas de regeneración y aclareos. Para el sistema de ordenación denominado Método de Desarrollo Silvícola (MDS). El segundo escenario contempla una cosecha del 30 % cada diez años para cada rodal que cuente con aprovechamiento, simulando una perturbación de "corta de selección". Para ambos escenarios se considera la superficie afectada y las prácticas silvícolas empleadas a lo largo del periodo de rotación de cada rodal. Con base en la información recabada y generada en el paisaje forestal se creó la simulación contemplando todos los rodales del paisaje forestal completando un turno de 40 años (Cuadro 1). La simulación en el paisaje forestal comenzó en 1980. La primera corta de regeneración fue calendarizada para 1982, mientras que la última se programó para el año 2093, de acuerdo con los PMF.

Cuadro 1. Prácticas silvícolas y su correspondencia con las perturbaciones predeterminadas en el CBM-CFS3.

Método	Práctica Silvícola	Edad del Rodal (años)	Perturbación CBM-CFS3
MDS	Primera corta de regeneración (Árboles padre)	--	Tala rasa con quema de residuos
	Corta de liberación	5	20% aclareo comercial
	Aclareo comercial	15 y 25	30% aclareo comercial
	Corta de regeneración al final del turno (Árboles padre)	40	Tala rasa con quema de residuos
MMOBI	Cortas de selección	--	30% aclareo comercial

Resultados y discusión

La simulación muestra una disminución en el carbono de la biomasa forestal (aérea y subterránea), siendo más abrupto en 1998, año en el que existió la mayor superficie con perturbaciones (Figura 1.) Las reservas totales de carbono en la biomasa se mantienen constantes para los dos escenarios, oscilando entre los 80 y 110 Mg ha^{-1}, hasta el "abandono" de la gestión forestal en el año 2093.

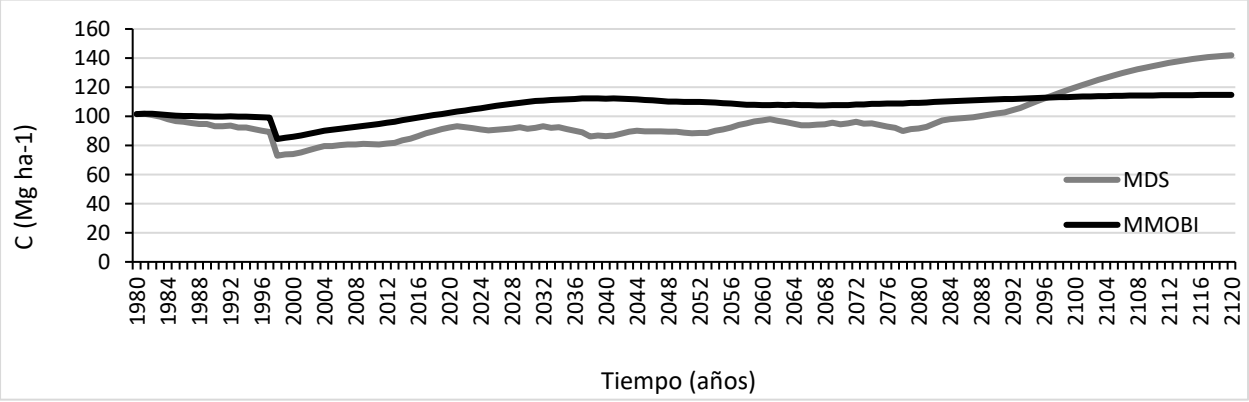


Figura 1. Reservas de carbono en biomasa del Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono, Atopixco, municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México.

La productividad a nivel paisaje fue estimulada por las actividades de gestión forestal, con un aumento en el crecimiento neto de biomasa y la productividad primaria neta (PPN). Sin embargo, la productividad neta del ecosistema (PNE) fue limítrofe a cero durante las primeras dos décadas.

Para determinar si el ecosistema actúa como una fuente o sumidero de C, es necesario analizar los cambios anuales en la biomasa total del ecosistema (Figura 2). En las primeras etapas de la gestión forestal, el paisaje forestal actuaba como una fuente de carbono. Sin embargo, con el establecimiento progresivo de prácticas silviculturales, el paisaje comenzó a funcionar como un sumidero, maximizando la acumulación neta de carbono anual. Para el periodo de 1980 a 2093, el paisaje forestal presenta variación anual sobre las tasas de acumulación o perdida de C. Durante este periodo se mantuvo una fijación neta promedio de 0.8 (±0.5) y 0.41 (±0.3) Mg ha^{-1} $año^{-1}$ para los escenarios MDS y MMOBI respectivamente.

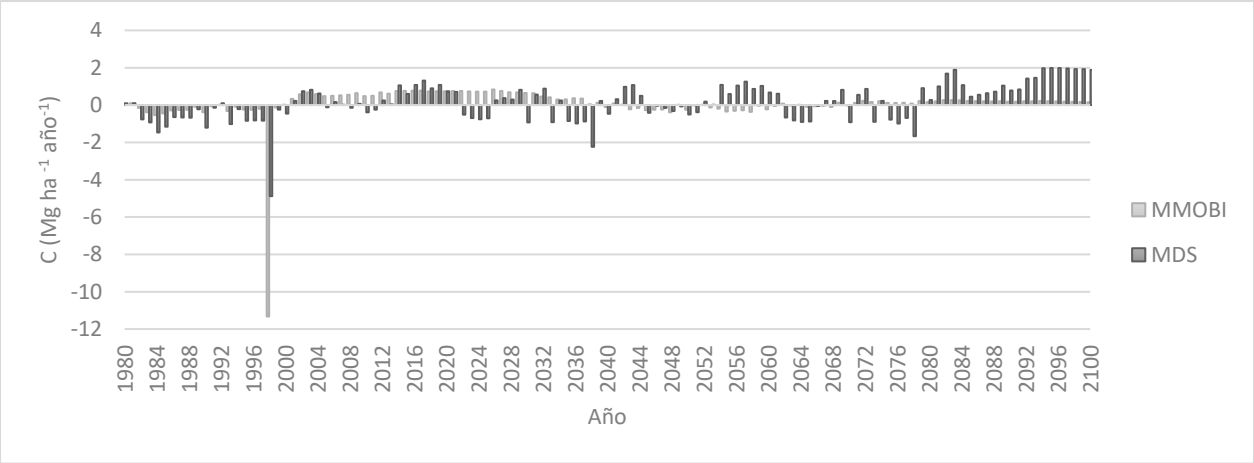


Figura 2. Cambios anuales de carbono en el paisaje forestal en el Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono, Atopixco, municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México.

Conclusión

El modelo CBM-CFS3 permite no solo evaluar las existencias de carbono en los bosques, sino también estimar los impactos de distintas prácticas de manejo forestal y perturbaciones naturales a lo largo del tiempo. Al integrar datos de monitoreo de campo con las capacidades predictivas del modelo, es posible generar escenarios que orienten políticas públicas y estrategias de conservación. La gestión forestal sostenible puede maximizar el potencial de los rodales para actuar como sumideros de carbono, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Referencias biliográficas

Kurz, W. A., Birdsey, R. A., Mascorro, V. S., Greenberg, D., Dai, Z., Olguín, M., & Colditz, R. (2016). Integrated Modeling and Assessment of North American Forest Carbon Dynamics Technical Report: Commission for Environmental Cooperation.

Ruiz-Peinado, R., Bravo-Oviedo, A., López-Senespleda, E., Bravo, F., & Del Río, M. (2017). Forest management and carbon sequestration in the Mediterranean region: A review. Forest Systems, 26(2), eR04S. https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11205

Santiago-García, W., de los Santos-Posadas, H. M., Ángeles-Pérez, G., Valdez-Lazalde, J. R., & Ramírez-Valverde, G. (2013). Sistema compatible de crecimiento y rendimiento para rodales coetáneos de Pinus patula. Revista fitotecnia mexicana, 36(2), 163-172.

Ramírez-Santiago, R., Ángeles-Pérez, G., Hernández-de La Rosa, P., Cetina-Alcalá, V. M., Plascencia-Escalante, O., & Clark-Tapia, R. (2019). Efectos del aprovechamiento forestal en la estructura, diversidad y dinámica de rodales mixtos en la Sierra Juárez de Oaxaca, México. Madera Y Bosques, 25(3).

Sevillano, I., Antón-Fernández, C., Søgaard, G., & Astrup, R. (2025). Improved forest management for increased carbon sequestration: An assessment of the most prominent approaches in Norway. Journal of Environmental Management, 375, 124333.

DIVERSIDAD DE ESPECIES EN BOSQUES BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS SILVICOLAS Y DOS CONDICIONES DE HUMEDAD EN CHIGNAHUAPAN, PUEBLA

Vidal Guerra-De la Cruz[1*], Bossuet Gastón Cortes Sánchez[1], José Luis Martínez y Pérez[2], Juan Carlos López-Domínguez[3], José Carlos Monárrez-González[4]

[1]S. E. Tlaxcala, INIFAP; [2]Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, UAT., [3]Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus III-UNAM. [4]C. E. Valle de Guadiana, INIFAP

*Autor para correspondencia: guerra.vidal@inifap.gob.mx

Palabras clave: Aclareos, selección, arbustos

Introducción

Los bosques son un tema recurrente en el debate sobre los principales desafíos ambientales actuales como el cambio climático y su impacto en la biodiversidad (Asbeck *et al*., 2021) y productividad de los ecosistemas forestales. En general, se asume que la gestión forestal puede desempeñar un papel importante en el desarrollo de soluciones para mantener la provisión de bienes y servicios a largo plazo, mediante intervenciones en la estructura y composición de los bosques (Messier *et al*., 2019). Uno de los aspectos clave en la gestión forestal es el mantenimiento de la diversidad vegetal, no obstante, es también uno de los menos estudiados en México. Por tanto, es necesario realizar estudios para entender los factores que determinan los cambios temporales en la composición vegetal en áreas sujetas a diferentes tratamientos silvícolas. El conocimiento detallado de los cambios en la composición y abundancia de especies arbustivas y herbáceas en bosques manejados es esencial para orientar las acciones de manejo hacia esquemas y practicas silvícolas más sustentables. El objetivo del presente estudio fue analizar la diversidad florística de bosques bajo cinco diferentes tratamientos silvícolas y su relación con la época de secas y de lluvias en la región forestal de Chignahuapan, Pue.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en áreas forestales del ejido Emiliano Zapata, municipio de Chignahuapan, Puebla. La vegetación dominante corresponde a bosques mezclados de coníferas y latifoliadas que han estado sujetos a dos sistemas de manejo: uno intensivo que incluye como tratamientos principales a las cortas de regeneración y aclareos y un sistema para bosques incoetáneos cuyo principal tratamiento silvícola son las cortas de selección. En toda el área bajo manejo se establecieron sistemáticamente 23 unidades circulares de muestreo de 0.1 ha, asignados en los tratamientos silvícolas: 2º. y 3er. aclareo, corta de regeneración, corta de liberación y corta de selección, de tal forma que se consideró para fines de comparación estadística entre tratamientos, un diseño aleatorio estratificado por periodo de medición. En las unidades de 0.1 ha se registró información del arbolado (> 7.5 cm de diámetro a 1.3 m) y se ubicaron tres subunidades equidistantes del centro de 12.5 m^2 y de 1 m^2 para la medición de los estratos arbustivo y herbáceo respectivamente. La información se obtuvo en los periodos de lluvia (2023 y 2024) y el periodo de secas 2024. A partir de los datos del número de individuos por especies en las subunidades de muestreo, así como su altura y cobertura, se calcularon y compararon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), de uniformidad (E) de Pielou y la riqueza especifica (S), agrupados por tratamientos silvícolas en cada periodo de medición. Los cálculos se realizaron en el programa de análisis estadístico R© a través del módulo Vegan 2.4-5.

Resultados y discusión

En el estrato arbóreo se identificaron 11 especies de 5 familias: Pinaceae (5), Fagaceae (3), Betulaceae (1), Ericaceae (1) y Rosaceae (1), con *Pinus patula y Abies religiosa* como las especies con mayor relevancia en todos los tratamientos. En los estratos bajos de vegetación, se registraron 46 especies herbáceas y 33 arbustivas, en total 79 especies correspondientes a 34 familias. Estos valores son ligeramente mayores a los encontrados en un bosque de coníferas del Nevado de Toluca (Mejía-Canales *et al*., 2018), en contraste Rendon-Pérez *et al*. (2021) registraron 20 especies arbóreas en un bosque templado del estado de Hidalgo. Las especies herbáceas con mayor frecuencia fueron *Salvia elegans* Vahl, *Smilax bonanox* L. y *Chimaphila umbellata* (L.) W.P.C. Barton, en tanto que en el estrato arbustivo destacan

Fuchsia thymifolia Kunth, *Baccharis conferta* Kunth y *Symphoricarpos microphyllus* Kunth., con mayor número de registros.

En el estrato arbóreo no se observó diferencia estadística entre tratamientos, aunque se observa menor riqueza y diversidad en la corta de regeneración en comparación con los demás tratamientos silvícolas (cuadro 1). Estos valores son consistentes con el hecho de que las cortas de regeneración favorecen a las especies de mayor valor comercial al dejarlos como semilleros, disminuyendo la presencia de otras especies de menor valor impactando la riqueza de especies en los rodales de regeneración.

Cuadro 1. Riqueza específica y diversidad del estrato arbóreo por tratamiento silvícola en bosques del ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla.

Índice	Corta de Regeneración	Corta de Liberación	Segundo Aclareo	Tercer Aclareo	Corta de Selección
Riqueza	5 a	8 a	8 a	8 a	8 a
Shannon	0.865 a	1.028 a	1.466 a	1.378 a	1.399 a

Letras diferentes indican diferencias significativas.

En la riqueza de especies no hubo diferencia estadística entre tratamientos, aunque hay una tendencia de mayor riqueza de herbáceas en la temporada de lluvias en segundo aclareo (27 especies), en tanto que para el estrato arbustivo la mayor riqueza fue también en la temporada de lluvia de 2023, en las áreas con cortas de regeneración y de selección con 14 especies (Cuadro 2).

Cuadro 2. Riqueza de especies por estrato, tratamiento silvícola y época del año en bosques del ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla.

Estrato	Temporada	Corta de Regeneración	Corta de Liberación	Segundo Aclareo	Tercer Aclareo	Corta de Selección
Herbáceo	Lluvia 2023	19 a	21a	26a	22 a	15 a
	Seca 2024	12 a	10a	13a	7 a	11 a
	Lluvia 2024	17 a	17a	27a	21 a	16 a
Arbustivo	Lluvia 2023	14ab	11b	7ab	9b	14 a
	Seca 2024	12 a	10a	13a	11 a	9 a
	Lluvia 2024	11 a	11a	13a	6 a	10 a

Letras diferentes indican diferencias significativas.

Los valores de Uniformidad mostraron diferencias estadísticas ($p<0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3). En el estrato herbáceo las diferencias fueron únicamente en las temporadas de lluvia, con mayor valor en el segundo aclareo; en tanto que el estrato arbustivo tuvo variaciones en temporadas de lluvia y de secas con valores más altos en cortas de regeneración y tercer aclareo. Estos resultados sugieren que las especies arbustivas pueden ser sensibles a la apertura del dosel provocada por las cortas de regeneración y aclareo.

Cuadro 3. Valores de Uniformidad de especies (Pielou) por estrato, tratamiento silvícola y época del año en bosques del ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla.

Estrato	Temporada	Corta de Regeneración	Corta de Liberación	Segundo Aclareo	Tercer Aclareo	Corta de Selección
Herbáceo	Lluvia 2023	0.911 a	0.903a	0.947b	0.938ab	0.883b
	Seca 2024	0.885 a	0.911a	0.862a	0.958 a	0.865 a
	Lluvia 2024	0.91ab	0.909a	0.937b	0.951ab	0.876ab
Arbustivo	Lluvia 2023	0.92 a	0.916a	0.907a	0.897 a	0.905 a

Seca 2024	0.881ab	0.867ab	0.866b	0.963 a	0.916 a
Lluvia 2024	0.903 a	0.876b	0.876ab	0.953 a	0.897ab

Letras diferentes indican diferencias significativas.

Un patrón similar al de la riqueza específica, se observó con los valores de diversidad, ya que el estrato herbáceo no mostro diferencia entre tratamientos independientemente de la condición de humedad. En contraste, el estrato arbustivo fue más diverso en cortas de regeneración y selección, durante la primera temporada de lluvia (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice de Shannon-Wiener por estrato, tratamiento silvícola y época del año en bosques del ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla.

Estrato	Temporada	Corta de Regeneración	Corta de Liberación	Segundo Aclareo	Tercer Aclareo	Corta de Selección
Herbáceo	Lluvia 2023	2.681 a	2.749a	3.085a	2.898a	2.39 a
	Seca 2024	2.198 a	2.098a	2.211a	1.864a	2.074 a
	Lluvia 2024	2.578 a	2.575a	3.089a	2.896a	2.428 a
Arbustivo	Lluvia 2023	2.428ab	2.197ab	1.765ab	1.972b	2.389 a
	Seca 2024	2.113 a	2.079a	2.248a	1.725a	2.109 a
	Lluvia 2024	2.245 a	2.016a	2.246a	2.285a	1.971 a

Letras diferentes indican diferencias significativas.

En general, las diferencias en valores de riqueza, uniformidad y diversidad en los tres estratos de vegetación fueron mínimas al comparar los diferentes tratamientos silvícolas. En términos de condición de humedad, la temporada de lluvias tuvo valores ligeramente mayores en todos los índices analizados. Los mayores valores de diversidad arbustiva en las cortas de regeneración sugieren que la apertura del dosel es un factor clave en los valores observados.

Conclusiones

Los valores de diversidad florística indican que las áreas de aclareo y de corta de selección presentan mayor diversidad de especies herbáceas y arbustivas. Los cambios florísticos por condición de humedad reflejan la recuperación de vegetación en la temporada de lluvias, especialmente en las especies arbustivas, en los diferentes tratamientos silvícolas.

Agradecimientos: El presente estudio se realizó con el financiamiento del INIFAP

Referencias bibliográficas

Asbeck, T., Sabatini, F., Augustynczik, A.L.D., Basile M., Helbach, J., Jonker, M., Knuff, A. and Bauhus, J. (2021). Biodiversity response to forest management intensity, carbon stocks and net primary production in temperate montane forests. *Sci Rep* 11, 1625. https://doi.org/10.1038/s41598-020-80499-4

Mejía Canales, A., Franco-Maass, S., Endara Agramont, A. R., & Ávila Akerberg, V. (2018). Caracterización del sotobosque en bosques densos de pino y oyamel en el Nevado de Toluca, México. *Madera Y Bosques*, 24(3). https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431656

Messier, C., Bauhus, J., Doyon, F., Maure, F., Sousa-Silva, R., Nolet, P., Mina, M., Aquilué, N., Fortin, M, Puettmann, K. (2019). The functional complex network approach to foster forest resilience to global changes. *Forest Ecosystems*. 6(3): 21. https://doi.org/10.1186/s40663-019-0166-2

Rendón-Pérez, M. A., Hernández-de la Rosa, P., Velázquez-Martínez, A., Alcántara-Carbajal, J. L., & Reyes-Hernández, V. J. (2021). Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. Madera Y Bosques, 27(1). https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712127

ECUACIONES DE VOLUMEN PARA TRES ESPECIES DE ENCINO EN LA SIERRA DE SANTA ROSA, GUANAJUATO

Bossuet Gastón Cortés-Sánchez[1, 2*], Gregorio Ángeles-Pérez[2], Héctor M. de los Santos-Posadas[2], Casimiro Ordóñez-Prado[3], Vidal Guerra-de la Cruz[1], Ramiro Puc-Kauil[4]

[1]S. E. Tlaxcala, INIFAP, [2]Posgrado Forestal, Colegio de Postgraduados, [3]C. E. San Martinito, INIFAP, [4]Tecnologico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza.

*Autor para correspondencia: cortes.bossuet@inifap.gob.mx

Palabras clave: modelos aditivos, componente estructural, inventario forestal.

Introducción

La gestión adecuada de los recursos forestales requiere información diversa para apoyar a productores, técnicos y responsables de políticas. Esto es crucial para mejorar el papel de los bosques en mitigar el cambio climático y proporcionar servicios esenciales de los bosques (FAO, 2017). Una herramienta clave para la gestión forestal es un sistema que mida con precisión el volumen de madera en árboles individuales. Los modelos deben desarrollarse por especie y para uso regional. (Vargas-Larreta et al., 2017). En el estado de Guanajuato se han empleado modelos para estimar volumen elaborados en la década de 1970 para el Inventario Nacional Forestal (INF), (SAG, 1976). Aunque el estado no es un gran productor forestal, tiene una considerable producción de pino y encino en 442,417.38 ha de superficie (SEMARNAT – CONAFOR, 2015). Hasta el momento no se han desarrollado o actualizado los modelos específicos que estimen volumen en la región de Sierra de Santa Rosa en el estado de Guanajuato.

Objetivo

Desarrollar un modelo de volumen específico para tres especies de encino considerando a partir del volumen total árbol (Vta), el volumen de fuste ($Vrta$) y el volumen de ramas (Vr) en bosques incoetáneos en la Sierra de Santa Rosa en estado de Guanajuato.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en predios de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, caracterizado por ser un bosque templado incoetáneo con diversas especies de importancia forestal. Esta sierra se encuentra dentro de los municipios de Guanajuato y Dolores Hidalgo, en la cual se ubica un conjunto predial denominado “Sierras de Santa Rosa y Guanajuato” (21° 12’ 52.65’’ N, 101° 13’ 30.80’’ O y 20° 59’ 11.79’’ N, 101° 06’ 23.36’’ O). Una elevación sobre el nivel del mar entre los 2000 y 2800 m.

Información de campo. Se utilizó información de 93 árboles contemplando la mayor parte del espectro de categorías diamétricas, con lo que se intentó representar la variabilidad existente en la masa forestal. El número de árboles por especie se distribuyó de la siguiente manera: 34 árboles de *Quercus obtusata* Bonpl., 33 de *Q. sideroxyla*, y 26 de *Q. rugosa* Née (Cuadro 1). En cada individuo muestreado se colectó información de diámetro normal (dn, cm). Posterior al derribo del árbol se midió la altura total (at, m), a partir del diámetro normal (dn) se midió en secciones de 1.0 m de longitud, se registraron los diámetros de cada sección a lo largo del fuste. Se calculó el volumen de cada sección mediante la fórmula de cubicación de Smalian (ecuación 1), la cual considera el promedio del área basal del diámetro mayor y el diámetro menor, así como la longitud de cada sección:

$$Vseccion = \frac{\pi}{4}\left(\frac{g_1^2+g_2^2}{2}\right) * l \quad (1)$$

Donde $Vseccion$ es el volumen de la sección (m^3), ${g_1}^2$ es el área basal del diámetro mayor de la sección (m), ${g_2}^2$ es el área basal del diámetro menor de la sección (m), y l es la longitud de la sección (m). La suma de las secciones representa el volumen rollo total ($Vrta$). El volumen de ramas (Vr) se calculó mediante la cubicación de secciones de longitud variable mediante la fórmula de Smalian. La punta de las ramas, se cubico con la fórmula del cono (ecuación 2).

$$Vpunta = \frac{\pi}{4}\left(\frac{g_b^2}{3}\right) * l \quad (2)$$

Donde $Vpunta$: volumen d la punta (m³), dg_b es el área basal del diámetro de la base de la punta (m) y l la longitud (m).

El volumen total árbol (Vta) se obtuvo con la sumatoria del volumen de cada sección o troza, la punta y el Vr, así como el volumen de ramas. Se concentró una base de datos con la información de volumen, diámetro normal (dn), altura total (at) de cada ejemplar medido.

Sistemas de ecuaciones aditivas. Se evaluaron dos enfoques en sistemas de ecuaciones aditivas. El primero estimó el $Vrta$ empleando el modelo de Shumacher-Hall, el Vr como un modelo potencial y el Vta fue la suma de los anteriores (S1). El segundo enfoque estimó el $Vrta$ también empleó el modelo Shumacher-Hall, el Vta se estimó con $Vrta$ y proporción del Vr y el Vr fue la diferencia de los anteriores (S2) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sistemas de ecuaciones evaluados para determinar volumen por componente estructural y total.

Sistema de ecuaciones 1 (S1)	Sistema de ecuaciones 2 (S2)
$Vrta = \alpha_0 dn^{\alpha_1} At^{\alpha_2}$	$Vrta = \alpha_0 dn^{\alpha_1} At^{\alpha_2}$
$Vr = \alpha_3 dn^2$	$Vta = Vrta * \gamma$
$Vta = Vrta + Vr$	$Vr = Vta - Vrta$

Donde Vta es el volumen total árbol (m³), $Vrta$ es el volumen de fuste, Vr es el volumen de ramas, dn es el diámetro normal (cm), At es la altura total de árbol (m) y $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2 y\ \gamma_3$. parámetros a ser estimados.

Ajuste de ecuaciones aditivas. El ajuste de la regresión de volumen fue con el método de regresión iterativa aparentemente no relacionadas (*Iterated Seemingly Unrelated Regression, ITSUR)*, empleando el procedimiento "*Model*" del paquete estadístico SAS/ETS® (SAS Institute, Inc., 2011), bajo un sistema de ecuaciones simultáneas mediante la propiedad de aditividad. Los modelos se evaluaron a través de coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}) y la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE por sus siglas en inglés). El supuesto de homocedasticidad se concretó empleando regresión ponderada $1/dn^2\ at$ para el modelo de volumen total.

Resultados y discusión

En el cuadro 2 se muestra los intervalos de las variables dasométricas registradas en para las tres especies de este estudio. *Q. rugosa* fue la especie que presentó los mayores valores.

Cuadro 2. Parámetros dasométricos mínimos y máximos de especies registradas en este estudio.

Nombre Científico	n	dn (cm)	At (m)	Vrta (m³)	Vr (m³)	Vta (m³)
Q. rugosa	26	7.6 – 44.5	5.85 – 17.8	0.016 – 0.9669	0.001 – 0.4599	0.0171 – 1.4268
Q. obtusata	34	6.2 – 37.6	4.85 – 14.2	0.0116 – 0.593	0.0005 – 0.3381	0.0122 – 0.7996
Q. sideroxyla	33	4.8 – 40.5	3.55 – 15.7	0.0042 – 0.7991	0 – 0.3737	0.0044 – 1.1727

Donde Vta es el volumen total árbol (m³), $Vrta$ es el volumen de fuste, Vr es el volumen de ramas, dn es el diámetro normal (cm), At es la altura total de árbol (m).

En el cuadro 3 se muestra la bondad de ajuste de los sistemas de ecuaciones evaluados para cada especie de este estudio. Para *Q. rugosa* el sistema S2 demostró superioridad sobre S1, exhibiendo un mayor desempeño en explicar la variabilidad del $Vrta$ y menor RMSE. No obstante, el ajuste para Vr fue moderado (R^2_{adj} ~0.73–0.81). En *Q. obtusata* ambos sistemas mostraron resultados similares para Vta (R^2adj ~0.94), aunque S1 superó ligeramente a S2 en la estimación de $Vrta$ con un R^2_{adj} = 0.857 & 0.837, el modelo para Vr presentó el menor desempeño. Para *Q. sideroxyla* el sistema S2 mostró el mayor desempeño, con un RMSE más bajo y una explicación de variabilidad del volumen mayor (R^2adj) en todos los componentes. El cuadro 4 muestra la estructura de los sistemas de ecuaciones con mejor despeño para las tres especies de este estudio, así como los parámetros obtenidos. Todos los parámetros fueron estadísticamente significativos.

Cuadro 3. Bondad de ajuste de sistema de ecuaciones para determinar volumen de tres especies de encino en Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México.

Especie	Sistema	Componente estructural	RMSE	R^2_{adj}
Quercus rugosa	S1	$Vrta$	0.0434	0.9703
		Vr	0.0556	0.7268
		Vta	0.0455	0.9831
	S2	$Vrta$	0.0337	0.982
		Vr	0.0466	0.8078
		Vta	0.0437	0.9844
Quercus obtusata	S1	$Vrta$	0.0477	0.8574
		Vr	0.0613	0.7208
		Vta	0.0527	0.9422
	S2	$Vrta$	0.051	0.8368
		Vr	0.0661	0.6755
		Vta	0.0528	0.9418
Quercus sideroxyla	S1	$Vrta$	0.0335	0.9621
		Vr	0.0419	0.8181
		Vta	0.0416	0.9751
	S2	$Vrta$	0.03	0.9696
		Vr	0.0372	0.8572
		Vta	0.0405	0.9765

Cuadro 4. Parámetros estimados de sistema de ecuaciones aditivas para determinar volumen de tres especies de encino en Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México

Q. rugosa (S2)	*Q. obtusata* (S1)	*Q. sideroxyla* (S2)
$Vrta = 0.000039dn^{1.870756}At^{1.073335}$	$Vrta = \exp(-11.1102)dn^{1.861838}At^{1.476533}$	$Vrta = 0.000055dn^{2.057097}At^{0.712566}$
$Vta = Vrta * 1.294907$	$Vr = 0.000215dn^2$	$Vta = Vrta * 1.480653$
$Vr = Vta - Vrta$	$Vta = Vrta + Vr$	$Vr = Vta - Vrta$

Conclusión

El S2 es recomendable para *Q. rugosa* y *Q. sideroxyla* debido a su mayor precisión y capacidad explicativa. En *Q. obtusata* el S1 presentó un desempeño ligeramente mayor que el S2. Este estudio muestra que estimar la proporción del volumen de ramas mejoró la bondad de ajuste en algunas especies y ligeramente menor en comparación con un modelo potencial empleados comúnmente en sistemas de ecuaciones aditivas.

Referencias biliográficas

FAO. (2017). Directrices Voluntarias Sobre Monitoreo Forestal Nacional. Secretaría de Agricultura Ganadería (SAG). 1976. Inventario forestal del estado de Guanajuato. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dirección General del Inventario Forestal. Núm. 36. México, D. F., México. 56 p

SEMARNAT – CONAFOR. 2015. Inventario estatal forestal y de suelos – Guanajuato 2014. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D. F. 137 p.

Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas, J. J., Aguirre-Calderón, O. A., López-Martínez, J. O., de los Santos-Posadas, H. M., Zamudio-Sánchez, F. J., Aguirre-Calderón, C. G. (2017). SiBiFor: Forest Biometric System for forest management in Mexico. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 23, 437-455.

VOLUMEN MADERABLE MEDIANTE MUESTREO BIFASICO EN UN BOSQUE BAJO MANEJO DE CHIGNAHUAPAN, PUEBLA

Efraín Velasco Bautista[1*], Alma Delia Ortiz Reyes[1]

[1]Cenid-Comef, INIFAP.

*Autor para correspondencia: velasco.efrain@inifap.gob.mx

Palabras clave: Muestreo doble, regresión lineal, NDVI.

Introducción

El uso de modelos estadísticos en los inventarios forestales es cada vez de mayor frecuencia. La razón es la disponibilidad de datos auxiliares de varias plataformas de sensores remotos (Ståhl *et al*., 2016). Por otro lado, combinando datos de campo costosos con diferentes fuentes de información obtenida remotamente de plataformas satelitales, la precisión en la estimación de parámetros forestales puede ser mejorada (Ekström & Nilsson, 2021). El estimador de regresión generalizada requiere la predicción de la variable de interés en todas las unidades de la población (McRoberts, *et al*., 2022), mientras que el estimador de regresión de muestreo doble o en dos fases hace uso de una muestra grande que contiene las mediciones de la variable auxiliar y de una muestra pequeña en la que se registra la variable de interés (Köhl *et al*., 2015). Por lo anterior, resulta interesante investigar el comportamiento del estimador de muestreo doble cuando la variable predictora “Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés)” se obtuvo bajo un escenario donde la muestra grande superó por alrededor de tres veces la muestra pequeña (datos de campo).

Objetivo

Evaluar el comportamiento del estimador de muestreo doble en el estudio de volumen maderable por unidad de área en un bosque bajo manejo, ubicado en el ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla.

Materiales y métodos

Los datos de campo se obtuvieron al final del 2023 en predio bajo manejo forestal en el sureste del ejido Emiliano Zapata, Chignahuapan, Puebla, México. Las especies arbóreas de mayor frecuencia fueron *Pinus patula* Schl. et Cham, *Pinus ayacahuite* Ehren. ex Schltdl. y *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. et Chamen. Con base en la revisión documental del Programa de Manejo Forestal Maderable (PMFM) vigente del ejido, en el estudio se tomó información en 102 Unidades de Muestreo (UM) circulares del 1,000 m^2 distribuidas cada 100 m bajo un diseño de muestreo cuasi-sistemático en rodales manejados bajo el “Método de Desarrollo Silvícola” y “Método Mexicano de Bosques Irregulares” en una superficie de 102 ha (Figura 1). En cada UM se registró el diámetro normal y la altura total de los árboles mayores a 7.5 cm. Mediante ecuaciones de volumen reportadas en el PMFM se obtuvo el volumen maderable (VOM, m^3) en cada unidad de muestreo. En Google Earth Engine (GEE) (https://code.earthengine.google.com) se realizó la consulta y procesamiento de imágenes Sentinel 2. Con base en la información de estas imágenes se calcularon los siguientes índices de vegetación: Índice de vegetación de clorofila verde (GCVI), Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), Índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI), Índice de pigmentos insensibles a la estructura (SIPI), Índice de vegetación modificado ajustado al suelo (MSAVI), Índice de vegetación mejorado (EVI) e Índice NDVI verde (GNVI). El muestreo doble se caracteriza por considerar una muestra grande, en la cual se registra la información de la variable auxiliar, y por una muestra pequeña, seleccionada de manera aleatoria de la muestra grande, en la que se toman adicionalmente los datos de la variable de interés. El estimador de muestreo doble se integra por dos componentes: 1) media de la variable de interés y 2) diferencia de la media de la muestra grande menos la media de la muestra chica, ambas de la variable auxiliar, actualizada mediante el coeficiente de la pendiente de regresión simple entre datos de campo y remotos. En esta investigación, la muestra de 100 unidades de muestreo se consideró como la muestra grande y en ella se registraron los valores de los índices de vegetación, mientras que la muestra pequeña se integró de 30 unidades seleccionadas aleatoriamente de la muestra grande, además de los valores espectrales, en ella se adjuntó el volumen maderable. Conforme al análisis de “Regresión

Elasticnet", el NDVI resultó ser la mejor variable predictora. De esta manera, el modelo de regresión lineal simple consideró los datos pareados de la muestra pequeña: el volumen como la variable dependiente y el NDVI la independiente. Para el estimador del muestreo doble y su varianza se aplicaron las ecuaciones (4) y (6) reportadas por Köhl *et al*. (2015). Para propósitos de comparación, se calcularon también la media y la varianza de la media mediante muestreo aleatorio simple con base en los datos de campo únicamente. El análisis estadístico de la información se realizó en R Project 4.4.1. (R Core Team, 2024).

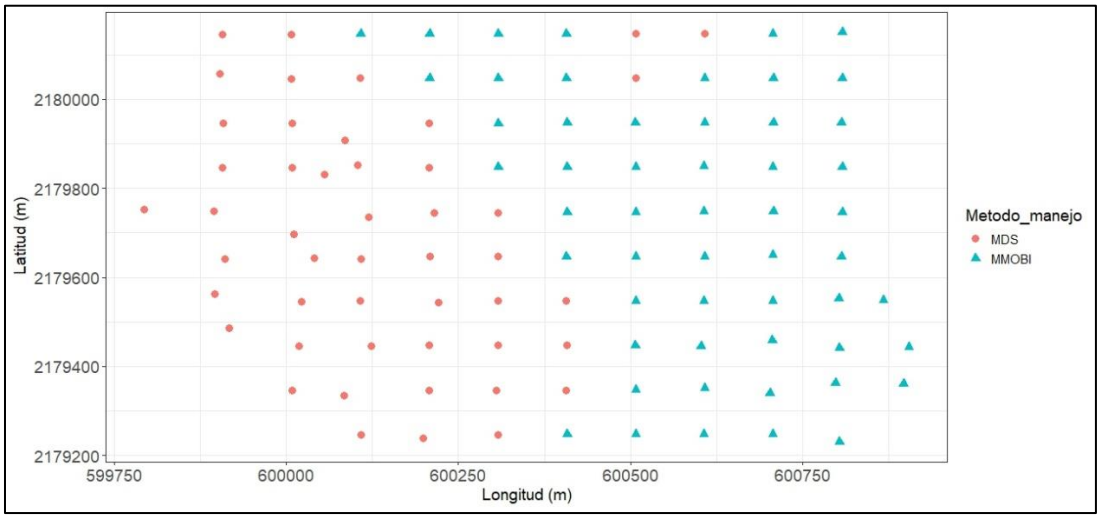


Figura 1. Distribución cuasi-sistemática de las unidades de muestreo sometidas a dos métodos de manejo.

Resultados y discusión

El índice de correlación lineal entre el volumen maderable y el NDVI por unidad de muestreo fue de apenas -0.61, lo que implica que valores altos de volumen tienden a datos pequeños de NDVI. Tres observaciones, una con alrededor de 80 m^3 y dos cercanas a 20 m^3, pero mayores a 0.87 de NDVI, resaltan en el diagrama de disperión de ambas variables. El análisis de regresión simple condujo a una ordenada al origen de 295.51 y una pendiente de -321.60 (Figura 2); indicó además al NVDI como una variable con alta capacidad predictiva (valor de p= 0.000289). El coeficiente de determinación superó ligeramente a 0.37. Aun en estas condiciones, la predicción de volumen a partir del NDVI se considera apropiada; de hecho, el volumen predicho parece razonable respecto al volumen observado (Figura 3); la correlación en este caso superó al 0.60.

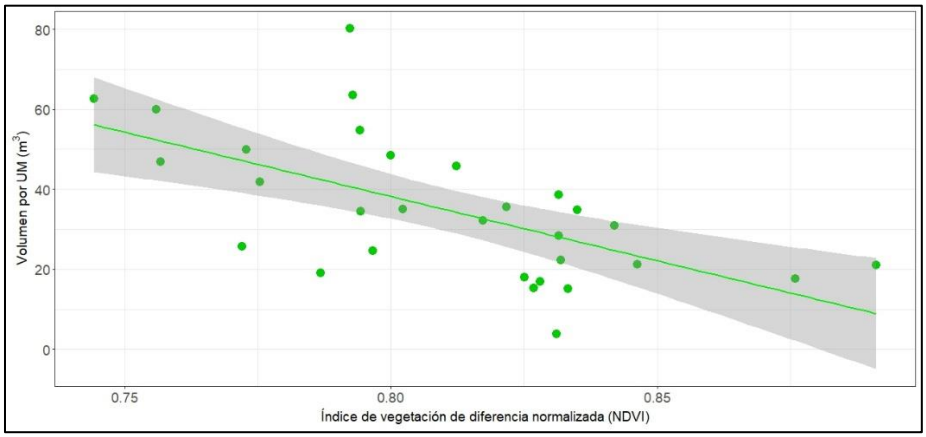


Figura 2. Diagrama de dispersión de volumen maderable y NDVI por unidad de muestreo.

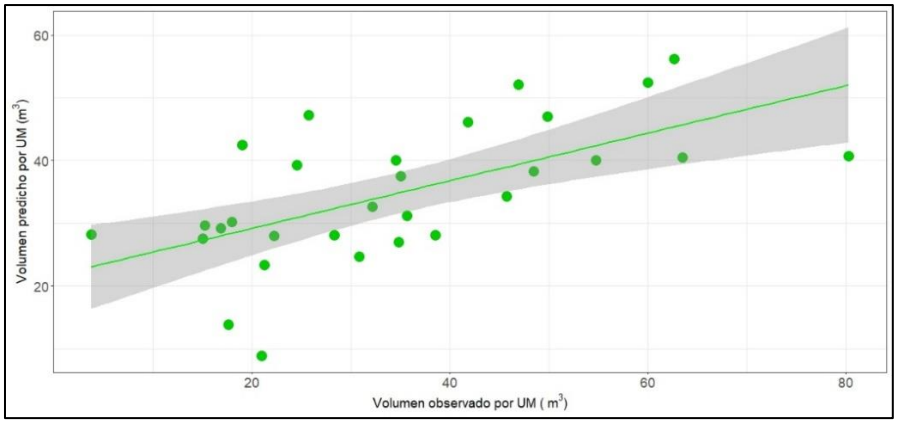


Figura 3. Comportamiento de volumen predicho y observado.

La media del estimador de regresión resultó de 36.97 m^3 por unidad de muestreo con una varianza de 7.95 $(m^3)^2$ y un error de muestreo relativo de 15.38%, en tanto que la media de volumen por muestreo aleatorio simple basado únicamente en las 30 observaciones fue 34.82 m^3 con una varianza de 10.46 $(m^3)^2$ y un error de muestreo relativo que ascendió a 18.57%. Entonces, el uso del NDVI bajo un escenario de muestreo doble resultó en una ganancia del 3% de precisión. A fin de confirmar estos resultados, se recomienda la realización de varias simulaciones considerando al menos tres tamaños de muestra diferentes. Si bien, la aplicación del estimador de regresión generalizada podría mejorar de manera significativa la precisión, debido a que otros modelos sofisticados pueden ser incorporados en el proceso de estimación, requiere del cálculo de los valores de la variable auxiliar en todas unidades de la población.

Conclusiones

La aplicación del estimador de muestreo doble al usar como variable auxiliar el NDVI, generó una ganancia en precisión del 3% respecto a la media de muestreo aleatorio simple. Este estimador tiene además la ventaja de poder ser usado para estudios temporales pareados, en donde la muestra grande corresponde a las observaciones del tiempo 1 y la muestra pequeña a los datos del tiempo 2. Si bien, la aplicación del estimador de muestreo doble requiere esfuerzo computacional adicional, es menester indicar que se considera el elemento principal en el estimador compuesto del muestreo con reemplazo parcial, el cual es un procedimiento alternativo de estimación en inventarios forestales de largo plazo.

Agradecimientos y fuente financiera

Fuente financiera: Proyecto estratégico forestal "Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático" financiado por INIFAP.

Referencias bibliográficas

Ekström, M., & Nilsson, M. (2021). A comparison of model-assisted estimators, with and without data-driven transformations of auxiliary variables, with application to forest inventory. *Frontiers in forests and global change*, *4*, 764495.

Köhl, M., Scott, C. T., Lister, A. J., Demon, I., & Plugge, D. (2015). Avoiding treatment bias of REDD+ monitoring by sampling with partial replacement. *Carbon balance and management*, *10*, 1-11.

McRoberts, R. E., Næsset, E., Heikkinen, J., Chen, Q., Strimbu, V., Esteban, J., ... & Chirici, G. (2022). On the model-assisted regression estimators using remotely sensed auxiliary data. *Remote Sensing of Environment*, *281*, 113168.

R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing https://www.R-project.org/.

Ståhl, G., Saarela, S., Schnell, S., Holm, S., Breidenbach, J., Healey, S. P., ... & Gregoire, T. G. (2016). Use of models in large-area forest surveys: comparing model-assisted, model-based and hybrid estimation. *Forest Ecosystems*, *3*, 1-11.

MODELOS ALOMÉTRICOS ADITIVOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO EN PLANTACIONES DE PINOS TROPICALES

Ramiro Puc-Kauil[1*], Luis Fernando Iturbe-Morales[1], Hermelinda Galicia-López[1], Adan Nava-Nava[2], Martín Aquino-Ramírez[3], Bossuet Gastón Cortés-Sánchez[4], Secundino Torres-Lamas[5]
[1]TecNM. Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, [2]Agropecuaria Santa Genoveva S.A.P.I. de C.V., [3]INIFAP. CIR-Sureste Campo Experimental Edzná, [4]INIFAP. Sitio Experimental Tlaxcala, [5]INIFAP. CIR-Sureste Campo Experimental Chetumal

*Autor para correspondencia: ramiro.selvastropicales@gmail.com

Palabras clave: Muestreo directo, técnica SUR, aditividad.

Introducción

Las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* y *Pinus elliottii* var. *Elliottii*¸ conocidas como pinos tropicales, se valoran por su rápida producción de madera y su adaptabilidad a diferentes condiciones pluviométricas y de suelo (Boca *et al.,* 2017). Dadas sus características, resultan relevantes en el contexto del cambio climático por su función como reservorios de carbono (Rojas, 2014). Sin embargo, para muchas especies de regiones de clima cálido aún existen pocos modelos alométricos a nivel de árbol que permitan estimar métricas fiables de biomasa y carbono, porque implica tiempo y costo el muestreo directo. Por ello, el objetivo de esta investigación fue desarrollar modelos alométricos aditivos para estimar y cuantificar la biomasa aérea y el carbono almacenado en plantaciones de pinos tropicales a nivel árbol.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en una plantación de pinos tropicales en la Sierra Norte de Puebla, abarca 1.7 ha^{-1} con 1 242 árboles. La plantación fue establecida para seleccionar las mejores procedencias con adaptabilidad y mejores características estructurales.
Cosecha de biomasa: En un estudio previo se determinó que, *Pinus caribaea var hondurensis x Pinus tecunumanii* (Hibrido), *Pinus caribaea var hondurensis* (SP1, Puro) y *Pinus caribaea var hondurensis* (Sp2, Puro) presentaron las mejores características fenotípicas (Puc-Kauil et al*.,* 2024). Se generó una tabla de clases diamétricas de 5 cm para cosechar 81 individuos: 27 pinos hibridos, 25 de la SP1-Puro y 29 de la SP2-Puro. A los árboles se les midieron sus diámetros (*D, cm*) y alturas totales (*H, m*). La biomasa fresca se separó en tallo, ramas y follaje (acículas) (figura 1), y se les obtuvo el peso fresco con una báscula electrónica TORREY CRS-HD de 500 kg (± 100 g de precisión).



Figura 1. Componentes estructurales de la biomasa del tallo (a), ramas (b), follaje (c), y submuestras en rodajas del tallo (d), ramas (e), y follaje (f).

A cada componente se le obtuvo tres submuestras entre 100 a 150 g con una báscula electrónica TRUPER (BASE-3) de 0.1 g de precisión (figura 1). Estas submuestras se secaron 80°C con una estufa de secado A-52035 hasta obtener el peso seco constante. La biomasa seca total árbol, fue la suma de la biomasa de los tres componentes estructurales.

Ajuste de modelos de biomasa: Para estimar la cantidad de biomasa por componentes y total árbol, se probaron dos conjuntos de sistemas de ecuaciones. El primero fue un modelo que utilizó el *D* como única variable regresora (Ec. 1-4). El segundo fue un modelo que combinó *D* y *H* (Ec. 5-8). El ajuste de los

sistemas de ecuaciones se realizó de forma simultánea para garantizar la propiedad de aditividad. La técnica de ajuste fue la regresión aparentemente no relacionada (SUR) (Picard et al., 2012).

$$Bfu = e^{a_1}(D)^{b_1} + \varepsilon_1 \quad (1)$$
$$Bra = e^{a_2}(D)^{b_2} + \varepsilon_2 \quad (2)$$
$$Bfo = e^{a_3}(D)^{b_3} + \varepsilon_3 \quad (3)$$
$$Bt = e^{a_1}(D)^{b_1} + e^{a_2}(D)^{b_2} + e^{a_3}(D)^{b_3} + \varepsilon_4 \quad (4)$$
$$Bfu = e^{a_1}(D^2H)^{b_1} + \varepsilon_1 \quad (5)$$
$$Bra = e^{a_2}(D^2H)^{b_2} + \varepsilon_2 \quad (6)$$
$$Bfo = e^{a_3}(D^2H)^{b_3} + \varepsilon_3 \quad (7)$$
$$Bt = e^{a_1}(D^2H)^{b_1} + e^{a_2}(D^2H)^{b_2} + e^{a_3}(D^2H)^{b_3} + \varepsilon_4 \quad (8)$$

Donde: *Bfu*: biomasa de fuste (kg); *Bra*: biomasa de ramas (kg); *Bfo*: biomasa de follaje (kg); *Bt*: biomasa total del árbol (kg); *D*: diámetro normal (cm); *H*: altura total (m); α_i, b_i,: coeficientes de regresión; ε_i: error aleatorio.

Ponderación y validación de modelos: La heterocedasticidad en los sistemas de ecuaciones se corrigió con el factor de ponderación: $1/D^{\delta}$, $1/(D^2H)^{\delta}$, $1/D^{2\delta}$, δ se seleccionó en un rango de ±2 (Picard et al., 2012). El desempeño estadístico del sistema de ecuaciones se evaluó con el coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros (R^2adj), la raíz cuadrada medio del error (RMSE) y un método de validación cruzada (LOOCV) con las siguientes métricas: error absoluto medio (MAE), el porcentaje de error absoluto medio (MAE%), el error de predicción medio (MPE) y el error de predicción porcentual medio (MPE%) (Picard et al., 2012). Para la selección del mejor sistema se utilizó el método propuesto por Poudel y Cao (2013); el cual consiste en obtener el rango relativo de cada modelo para cada uno de los estadísticos de bondad de ajuste utilizados.

Cuantificación del Carbono: Con el sistema de ecuaciones de mejor desempeño, se calculó la biomasa aérea total de cada árbol. El carbono se calculó aplicando el factor de conversión del 47.75% para especies de pinos tropicales (Rojas, 2014). Los cálculos y análisis se realizaron utilizando Rstudio y PROC MODEL en SAS.

Resultados y discusión

Los dos sistemas de ecuaciones explicaron entre el 69% y 92% de la variabilidad de la biomasa del árbol en sus tres componentes. El MEA% mostró que la biomasa del fuste tiene mayor precisión de estimación (cuadro 1). El sistema dos brindó mayor desempeño estadístico al obtener la menor suma de rangos relativos (CT). Por lo tanto, este modelo es la más confiable para estimar la biomasa de la plantación de pinos tropicales. La aplicación del ajuste simultáneo mediante la técnica SUR, garantizó la coherencia interna de las ecuaciones y minimizó el sesgo de estimación, asegurando predicciones robustas y aditivas en los modelos alométricos (Picard et al., 2012).

Cuadro 1. Estadísticos de bondad de ajuste y validación cruzada de las ecuaciones de aditividad para estimar la biomasa (kg) por componentes y total de pinos tropicales en Puebla.

Sistema	Componente	RMSE	R^2_{adj}	MPE	MPE%	MAE	MAE%	CT
	$Bfu = e^{a_1}(D^2)^{b_1}$	5.874	0.88	-0.004	-0.016	4.525	26.982	12
	$Bra = e^{a_2}(D^2)^{b_2}$	2.55	0.77	0.001	0.018	1.668	34.062	8
	$Bfo = e^{a_3}(D^2)^{b_3}$	2.12	0.79	0.013	0.224	1.544	44.000	8
S1	$Bt = Bfu + Bra + Bfo$	7.241	0.92	0.01	0.028	5.721	20.449	10
	$Bfu = e^{a_1}(D^2H)^{b_1}$	4.783	0.92	-0.016	-0.067	3.397	21.299	6
	$Bra = e^{a_2}(D^2H)^{b_2}$	2.945	0.69	0.00	-0.008	1.981	41.849	10
	$Bfo = e^{a_3}(D^2H)^{b_3}$	2.452	0.72	0.01	0.177	1.728	46.614	10
S1	$Bt = Bfu + Bra + Bfo$	7.429	0.92	-0.007	-0.018	5.325	19.22	8

R^2_{adj} = coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros, RMSE= raíz cuadrada medio del error, MAE= el error absoluto medio, MAE%= porcentaje de error absoluto medio, MPE= error de predicción medio y MPE%= error de predicción porcentual medio.

La plantación, a ocho años de edad, acumuló 4.50 a 6.76 Mg ha^{-1} de carbono con un incremento medio anual de 0.57 a 0.85 Mg ha^{-1} $año^{-1}$.

Conclusiones

El sistema de ecuaciones dos fue el mejor para estimar la biomasa de las especies de pinos. Asimismo, el potencial de captura de carbono de la plantación fue ≈ 1 Mg ha^{-1} $año^{-1}$. La disponibilidad de un modelo alométrico aditivo confiable para estimar biomasa y carbono en pinos tropicales ayuda a mejorar la gestión forestal y abre la puerta a la venta de bonos de carbono como fuente de ingreso adicional para los productores, fortaleciendo la rentabilidad y sostenibilidad de sus plantaciones.

Referencias bibliográficas

Boca, T., Fassola, H., Crechi, E., Barth, S., Kelle, A., Winck, R. y Ferrere, P. (2017). Modelos aditivos de predicción de biomasa aérea de *Pinus elliottii var. elliottii* x *Pinus Caribaea var. hondurensis* de Misiones Argentina. *Quebracho* (Santiago del Estero) 25(1): 5-15.

Picard, N., Saint-André, L. and Henry, M. (2012). Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction. FAO, Rome, and Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, 215 pp.

Poudel, K. P., and Cao, Q. V. (2013). Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. Forest Science 59: 243-252. https://doi.org/10.5849/forsci.12-001

Puc-Kauil, R., Nava-Nava, A., Paredes-Díaz, E., Ruiz-Aquino, F., Gerónimo-Torres, J. del C. y Ortiz, J. (2024). Funciones alométricas de altura total para pinos tropicales en Puebla, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(2): e4118. https://doi.org/10.19136/era.a11n2.4118

Rojas, M. (2014). Carbono almacenado en plantaciones forestales de *Pinus caribaea, Cupressus lusitanica* y *Eucalyptus deglupta* en el Proyecto Hidroeléctrico Cachí. *Revista de Ciencias Ambientales* 47(1): 5-15. http://dx.doi.org/10.15359/rca.47-1.1

DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS EN DOS EXPOSICIONES DEL CERRO "TATA BEGOO" EN MALINALTEPEC, GUERRERO

Laura Santos-Feliciano[1], Bernardo López- López[1]*, Beatriz Calleja-Pelaez[1], Marisa Silva-Aparicio[1]

[1]Universidad Intercultural del Estado de Guerrero. Carrera de Ingeniería Forestal. La Ciénega Malinaltepec, Guerrero. C. P. 41500.

*Autor para correspondencia: lopez_020986@hotmail.com

Palabras claves: Especies, Diversidad y Bosque de encino.

Introducción

Los bosques de *Quercus* también llamados encinares, se establecen siguiendo patrones determinados por factores de heterogeneidad ambiental como el tipo de suelo, humedad, orientación de laderas, variación de la precipitación y temperatura (Aguilar et al., 2016). En México se han identificado más de 160 especies de encinos en el país, de las cuales 109 son endémicas considerado como uno de los centros de origen y diversidad de este género (Valencia, 2004). La región montaña de Guerrero es de importancia ecológica debido a la gran variedad de especies vegetales que alberga, aunque se desconoce su valor en términos de diversidad y riqueza de especies arbóreas y arbustivas en los bosques de encino. Por ello se planteó como objetivo, evaluar el efecto de las exposiciones norte (EN) y sur (ES) en la distribución de especies arbóreas y arbustivas del cerro "Tata Begoo" con presencia de bosque de encino en Malinaltepec, Guerrero.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio: El cerro "Tata Begoo" se localiza en los limites de la comunidad de La Ciénega y Ojo de Agua de Cuauhtémoc perteneciente al municipio de Malinaltepec, Guerrero en las coordenadas 17°13' 4.78'' LN y 98°38'19.48''. Se realizaron recorridos de campo para ubicar las áreas con vegetación representativa de encino en las dos exposiciones del cerro para implementar el muestreo del estrato arbóreo y arbustivo. El clima del área de estudio es semicálido subhúmedo A(C) w(w) con lluvias en verano.

Levantamiento de datos de campo e identificación taxonómica: En cada uno de los cuatro sitios circulares de 400 m^2 que conforman un conglomerado se midieron los árboles con diámetro normal (DN > 2.5 cm) a 1.30 m con una cinta diamétrica; mientras el estrato arbustivo se evaluó en sitios circulares de 12.56 m^2. La identificación taxonómica a nivel de género y especies se realizó con la ayuda de claves dicotómicas y diversos fascículos de la flora de Guerrero; el herbario virtual de CONABIO (15 de junio de 2024); la revisión de la nomenclatura se llevó a cabo con la base de datos Word Flora Online.

Análisis estadístico: La estimación de la diversidad se realizó con la librería vegan implementado en R versión 4.5.1, partiendo de los datos del número de especies o riqueza específica (S) y la abundancia de estas en cada conglomerado. La diversidad alfa (α) se estimó con los índices de Shannon-Wiener y Simpson. La diversidad beta (β) se define como el grado de reemplazo de especies a través de diferentes gradientes ambientales, su determinación se realizó con el índice de Jaccard.

Resultados y discusión

Esfuerzo de muestreo: La riqueza fue mayor en ES con 17 especies con un esfuerzo de muestreo 85 %, mientras la ES solamente registro 13 especies con un esfuerzo de muestreo del 76 %, el cual es aceptable ya que es mayor al 70 y 73 % del esfuerzo de muestreo estimado en el inventario de especies arbóreas asociado a cafetales en La Ciénega y Tres Cruces (Silva et al., 2024).

Identificación de especies. La ES registró 13 especies, pertenecientes a 10 familias y 12 géneros representando un 85% de árboles y 15% arbustos, mientras que la EN registró 17 especies, perteneciente a 10 familias y 12 géneros con 76 y 24 % de árboles y arbustos respectivamente. A nivel general se registraron 24 especies, pertenecientes a 15 familias y 21 géneros, por su estructura el 75 % (n=18) son árboles y el 25 % (n = 6) arbustos.

Las familias mejor representadas fueron Ericaceae (5), Fagácea (3), Clethraceae (3) y Betulaceae (2), el resto de las familias solamente registraron una especie (Cuadro 1). Por su parte Silva et al. (2024) documentaron 35 especies, 22 en La Ciénega y 16 en Tres Cruces, pertenecientes a 13 familias, destacando las familias Fagaceae, Fabaceae y Solanaceae con 5, 4 y 3 especies respectivamente. Las especies *Comarostaphylis discolor* y *Carpinus caroliniana* están enlistadas en la NOM-059 SEMARNAT 2010 la primera sujeta a protección especial y la segunda en estatus de amenazada.

Cuadro 1. Listado de especies presentes en los conglomerados del cerro "Tata Begoo" en La Ciénega, Malinaltepec, Guerrero.

Familia	Especie	Exposición	
		ES	EN
Betulaceae	*Alnus acuminata* Kunth	0	1
Betulaceae	*Carpinus caroliniana* Walter	0	1
Celastraceae	*Celastraceae* R. Br.	1	0
Clethraceae	*Clethtra hartwegii* Britton	0	1
Clethraceae	*Clethtra mexicana* DC.	1	1
Clethraceae	*Clethtra oleoides* L. O. Williams	0	1
Ericaceae	*Arbutus xalapensis* Kunth	1	0
Ericaceae	*Befaria aestuans* L.	0	1
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor* (Hook.) Diggs	1	1
Ericaceae	*Comarostaphylis* sp.	0	1
Ericaceae	*Lyonia* sp.	1	0
Fabaceae	*Inga* sp.	1	0
Fagaceae	*Quercus candicans* Née	0	1
Fagaceae	*Quercus laurina* Bonpl.	1	1
Fagaceae	*Quercus martinezii* C. H. Mull.	1	1
Melastomataceae	*Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin	0	1
Pentaphylacaceae	*Cleyera integrifolia* (Benth.) Choisy	1	0
Phyllonomaceae	*Phyllonoma laticuspis* (Turcz.) Engl.	1	0
Pinaceae	*Pinus pseudostrobus* Lindl.	0	1
Primulaceae	*Parathesis melanosticta* (Schltdl.) Hemsl.	1	1
Proteaceae	*Roupala montana* Aubl.	1	0
Rubiaceae	*Palicourea acuminata* (Benth.) Borhidi	1	1
Solanaceae	*Solanum* sp.	0	1
Thymelaeaceae	*Daphnopsis macrocarpa* Nevling	0	1
	Total de especies	13	17

ES = Exposición sur, *EN* = Exposición norte, 0 = Ausencia de la especie, 1 = Presencia de la especie.

Diversidad alfa y beta: La EN presentó mayor diversidad y menor dominancia con valor 2.17 para el índice de Shannon-Wiener y 0.83 para el índice de Simpson; la ES con valores 1.74 para el índice de Shannon-Wiener y Simpson de 0.71 denotan menor diversidad y mayor dominancia (Figura 1b y 1b). La diversidad registrada en este estudio con el índice de Shannon-Wiener es superior a los valores 1.02 - 1.6 registrados por Manzanilla et al., (2021) en bosques templados del Sur de Nuevo León y 0.35 – 0.40 en áreas con manejo forestal en el noreste de Mexico (Hernández et al., 2013). La similitud de especies por exposición es de 0.25 cuyo valor es bajo si se considera que la distancia entre los conglomerados es de 600 m (Figura 1c), el indice de similitud es mayor al valor de 0.13 de especies arboreas compartidas entre cafetales de La Cienega y Tres cruces en el estado de Guerrero (Silva et al., 2024).

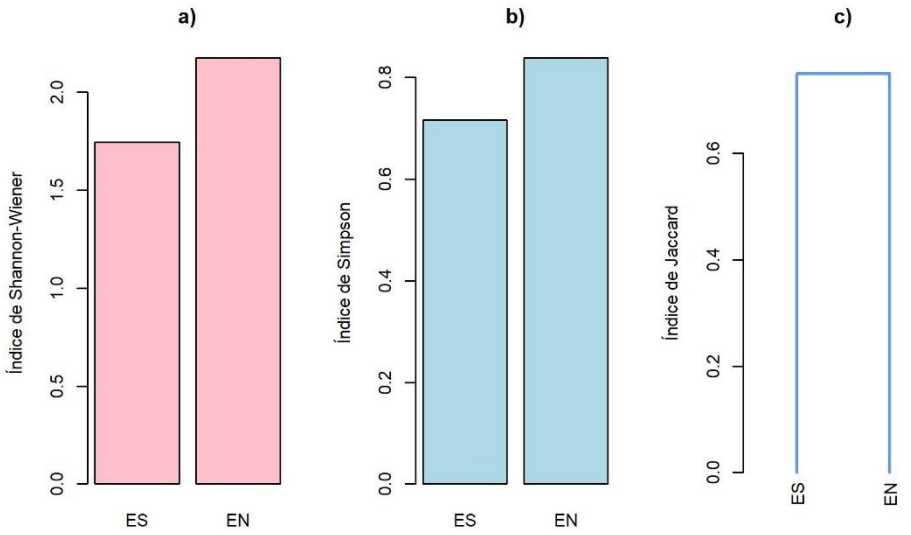


Figura 4. a) diversidad, b) dominancia y c) similitud de especies arbóreas y arbustivas en la exposición norte (EN) y exposición sur (ES) del cerro “Tata Begoo” en Malinaltepec, Guerrero.

Conclusión

El número de especies compartidas entre exposiciones es bajo con solo el 25 %, lo que refleja la influencia de las exposiciones en la distribución de especies del cerro “Tata Begoo”. Así mismo, se registró una especie amenazada y otra en la categoría de protección especial de acuerdo a la NOM-059 SEMARNAT 2010, por ello resulta necesario implementar estrategias para la conservación de las especies *in situ***.**

Referencias bibliográficas

Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., ... & Domínguez-Pereda, A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*,*19*(2), 189-200.

Aparicio-Silva, M., Olguín-Francisco, C., Cruz-Jesus, S. (2024). Árboles asociados a los cafetales en comunidades de la Montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *15*(83), 80-106.

Manzanilla-Quijada, G. E., Mata-Balderas, J. M., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Yerena-Yamallel, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. Revista mexicana de ciencias forestales, 11(61), 94-123.

Aguilar-Romero, R., García-Oliva, F., Pineda-García, F., Torres, I., Peña-Vega, E., Ghilardi, A., & Oyama, K. (2016). Patterns of distribution of nine Quercus species along an environmental gradient a fragmented landscape in central Mexico. Botanical Sciences. 94(3), 471-482. https://doi.org/10.17129/botsci.620

Valencia, A. S. (2004). Diversidad del Género Quercus (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 75(75), 33-53. https://doi.org/10.17129/botsci.1692

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA INVESTIGACIÓN ECONÓMICO-AMBIENTAL EN CIENCIAS FORESTALES

Angel Saul Cruz-Ramírez[1*]; Efraín Velasco Bautista[1]; Georgel Moctezuma López[1]; Gerardo Colin-García[2]; Madaí Sánchez-Galindo[3]; Rubén Patiño-Cruz[4].
[1]INIFAP, CENID-COMEF; [2]INIFAP, CIRPAS C.E. Centro de Chiapas; [3]INIFAP, CIRGOC C. E. Cotaxtla; [4]UACh, DICEA Campus Central.

*Autor para correspondencia: cruz.saul@inifap.gob.mx

Palabras clave: valoración económica ambiental, servicios ecosistémicos, sustentabilidad.

Introducción

La economía ambiental aplica conceptos de la economía clásica a los problemas de degradación ambiental y a la búsqueda de la sustentabilidad a nivel mundial (Buchholz y Rübbelke, 2019). Es una rama de la economía que se encuentra en auge en los últimos 15 años. Lo anterior deriva en la necesidad de evaluar los impactos ambientales y asignar valor a los servicios provistos por recursos como los bosques, el suelo y el agua (Basurto-Hernández y Caballero-Güendulain, 2022). Esta área del conocimiento se encuentra en constante cambio en especial la investigación económico-ambiental en ciencias forestales (IEACF). Por este motivo se requiere conocer las tendencias actuales y pasadas en la literatura científica sobre la IEACF. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue identificar los temas, metodologías, países, autores y revistas científicas internacionales de mayor relevancia en la investigación económico-ambiental en ciencias forestales por medio de un análisis bibliométrico de publicaciones en la base de datos Scopus en el período 1978-2024.

Materiales y métodos

Con el uso del software VOSviewer se realizaron análisis de redes con la literatura en IEACF. Se elaboró un análisis de coocurrencia de las palabras clave para conocer los grupos temáticos. Se consideró una frecuencia de coocurrencia mínima de 5 para cada palabra clave. En los resultados de este análisis se eliminó la palabra clave “environmental economics”. Cabe mencionar que en la búsqueda en Scopus si se utilizaron dichas palabras clave, solo se eliminan al realizar el análisis de red, esto sirve para identificar como se relacionan el resto de los conceptos y cuáles fueron los de mayor influencia en la red temática. Se identificaron revistas de mayor relevancia a través del análisis de citación. La visualización de red de las revistas consideró todas las revistas con más de dos documentos publicados. Los datos de países con mayor cantidad de documentos y fuentes de financiamiento de las investigaciones fueron obtenidos a partir de información que se exportó de la base de Scopus y graficó con el paquete ggplot2 del Software R. Además, se identificaron los grupos de colaboración de autores con mayor cantidad de documentos publicados. Para esto, se consideró una cantidad mínima de 2 documentos por autor. Se seleccionaron artículos, capítulos de libros y libros para el análisis. La ecuación de búsqueda que se empleó en la base de datos Scopus fue la siguiente: TITLE-ABS-KEY ("environmental economic*" AND forest*) AND PUBYEAR > 1977 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ch") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "bk")). Los artículos científicos de la base de datos que se utilizó fueron del período 1978-2024, debido a que fue el período histórico de publicaciones del cual se encontró publicaciones disponibles. Bajo este procedimiento se obtuvieron 2,189 documentos. Los métodos de normalización que se utilizaron en VOSviewer para la construcción y análisis de redes bibliométricas fueron: 1.- La fuerza de asociación (Van Eck y Waltman, 2009) para el análisis de coocurrencia de palabras clave; 2.- Algoritmo LinLog que optimiza la modularidad de la red (Noack, 2009) para el análisis de coautores y de revistas. En el caso del método 2, se utilizó de forma específica para mejorar la agrupación de los nodos en la visualización. El peso (weights) para determinar el tamaño de los nodos fue ocurrencias para el análisis de coocurrencias de palabras clave. Mientras que para el análisis de coautorías y revistas el peso fue documentos. El tamaño mínimo para el análisis de clústeres fue uno. Los mapas de red del análisis se graficaron con las palabras en inglés como se encuentran de forma original en la base de datos ~~de~~ Scopus. A través de un análisis cualitativo, a partir de la experiencia y conocimiento de los autores, se asignó un

nombre a los principales clústeres o grupos de temas identificados en el análisis de coocurrencias de palabras clave.

Resultados y discusión

En la siguiente descripción de resultados los números entre paréntesis indican la cantidad de documentos que se publicaron dentro de la base de datos analizada. Aun cuando la IEACF adquirió relevancia al inicio de los 90's, en realidad tuvo un auge a partir del año 2009, con una tendencia creciente desde entonces hasta hoy día; solo en 2016 y durante la pandemia de COVID 19 en 2022 se registraron descensos, mismos que no impactaron en la tendencia global; de hecho, en 2024 el número de publicaciones supero a 150 (Figura 1a). Los países que dominaron la investigación en este campo fueron Estados Unidos (548) y China (335). Le siguen en importancia países de la Unión Europea como Reino Unido (209), España (100) e Italia (78); Australia (143) figuró como el cuarto país en importancia (Figura 1b). En este sentido, México apenas aportó 33 documentos.

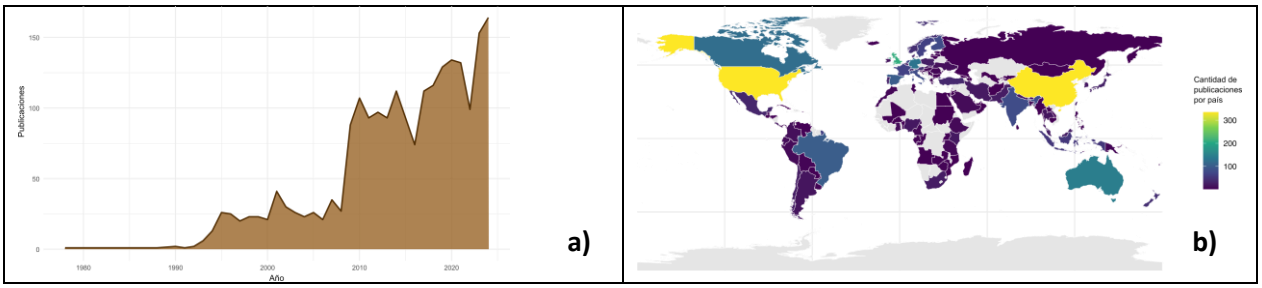


Figura 1. **a)** Comportamiento de la variable número de documentos publicados en el periodo de estudio. **b)** Distribución de países con publicaciones relacionadas a IEACF.

En el análisis de coocurrencias de las palabras clave se identificaron 5 grupos temáticos predominantes (Figura 2a). El clúster rojo, denominado "cambio climático", incluyó 283 nodos (palabras clave en este caso). Resaltaron los estudios relacionados con las emisiones de carbono y gases de efecto invernadero. El clúster verde, que representó a "servicios ecosistémicos y manejo forestal", agrupo 227 nodos. Incluyó como temas preponderantes los estudios relacionados con deforestación y biodiversidad. El clúster azul, se identificó como "estudios controlados y ecosistemas", registró 223 nodos. El clúster amarillo, "uso de la tierra, ecosistemas y gestión ambiental", identificó 174 nodos. Finalmente, el clúster morado, "métodos de evaluación económica", consideró solo 90 nodos. El análisis de coautorías mostró una gran diversidad, se encontraron 226 grupos de colaboración. Los autores con mayor cantidad de documentos publicados en base al tamaño del nodo (circulo) fueron Campos Pablo (13), Caparrós Alejandro (11) y Paletto Alejandro (11) (Figura 2b).

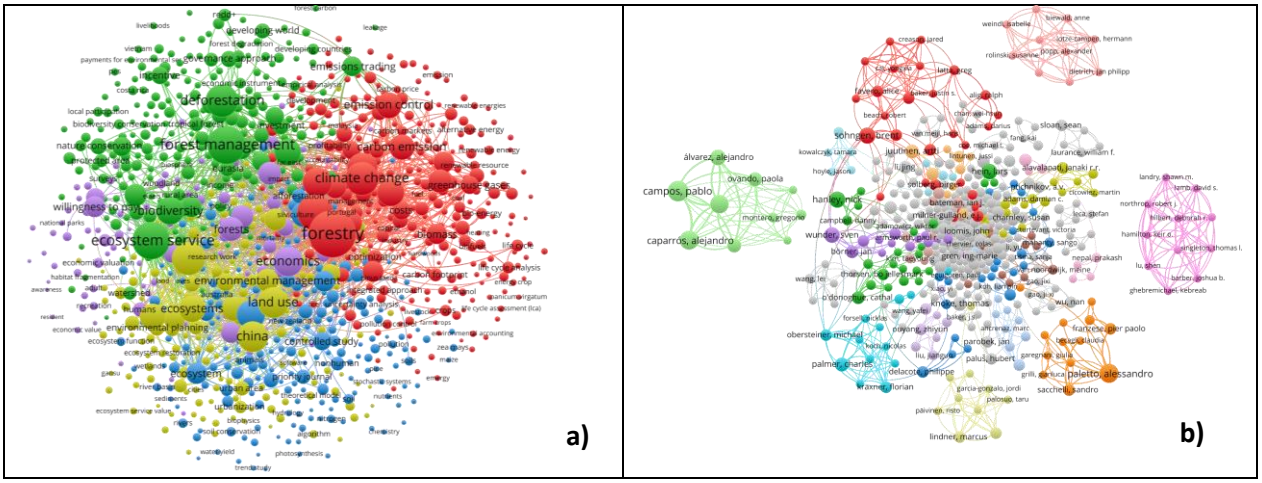


Figura 2. **a)** Clústeres generados por coocurrencia de palabras clave. **b)** Red de clústeres de coautorías.

Las metodologías usadas de forma predominante en la IEACF fueron las siguientes: análisis costo-beneficio (238), valoración contingente (103), análisis del ciclo de vida (79) y evaluación del impacto ambiental (62). Estas metodologías son las reportadas por Perman et al. (2003) a excepción del análisis del ciclo de vida, que es una metodología que mostró auge a partir del 2009 en la base de datos. A diferencia del estudio realizado por Basurto-Hernández y Caballero-Güendulain (2022) no se encontró presencia de las siguientes metodologías: precios hedónicos, valor estadístico de una vida y experimentos de elección. Se identificó que China fue el país con mayor cantidad de estudios financiados (111). Entre las 100 fuentes financiadoras con mayor cantidad de documentos sobresale National Science Foundation y European Commisiion (Figura 3a). Las revistas que principalmente contribuyen fueron Ecological Economics (125), Forests (86) y Sustainability (65) (Figura 3b). La aplicación de este conocimiento fue identificar mediante indicadores cuantitativos como cantidad de documentos publicados y frecuencia de las coocurrencias de palabras clave las temáticas predominantes en la IEACF. Una mayor vinculación academia-gobierno-industria es una estrategia que podría implementarse para incorporar nuevas áreas temáticas. Los temas emergentes fueron energías renovables, emisiones de carbono y huella de carbono.

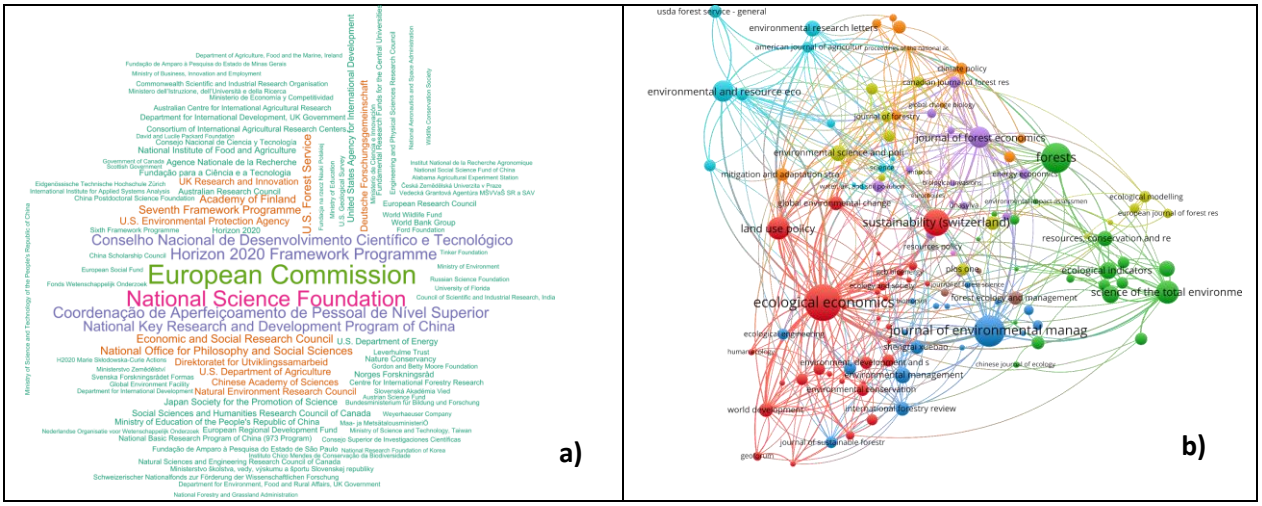


Figura 3. a) Diagrama de palabras de fuentes de financiamiento. b) Red de clústeres de revistas.

Conclusiones

Se identificaron 5 clústeres temáticos y una gran diversidad de grupos de colaboración de autores. Se encontraron diferencias entre las metodologías empleadas en la base de datos analizada con respecto a documentos teóricos de economía ambiental. Para profundizar en el análisis de estas diferencias se requiere aplicar técnicas de minería de textos a la base de datos para corroborar estas diferencias en la tendencia de las investigaciones. Existe un predominio de Estados Unidos y China en las investigaciones relacionadas con IEACF.

Referencias

Basurto-Hernández, S., y Caballero-Güendulain, K. (2022). *Introducción a la valoración económica ambiental: teoría y práctica.* Facultad de Economía. UNAM.

Buchholz, W., y Rübbelke, D. (2019). *Foundations of environmental economics.* Cham, Switzerland: Springer.

Noack, A. (2009). Modularity clustering is force-directed layout. *Physical Review E*, 79(2). https://doi.org/10.1103/PhysRevE.79.026102

Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., y Common, M. (2003). *Natural Resource and Environmental Economics.* Pearson Education.

Van Eck, N. J., y Waltman, L. (2009). How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(8). https://doi.org/10.1002/asi.21075

MANEJO FORESTAL Y SU IMPACTO SOBRE EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE DIVERSIDAD ARBÓREA EN BOSQUE TEMPLADO DE DURANGO, MÉXICO

José Carlos Monárrez-González[1*], Gustavo Perez Verdín[2], Manuel Antonio Galindo Reyes[1].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
[2]Instituto Politécnico Nacional (IPN).

*Autor para correspondencia: monarrez.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cortas de selección, valor de importancia ecológica, diversidad.

Introducción

Los servicios ecosistémicos, definidos como los beneficios que la humanidad obtiene de los ecosistemas son intrínsecamente afectados por los cambios en la diversidad biológica [Millenium Ecosystem Assessment, 2005]. La diversidad vegetal, en particular, juega un rol fundamental en la regulación de procesos ecosistémicos, siendo a la vez un servicio final y un bien ecosistémico [Mace, et al., 2012]. En este contexto, la conservación de la diversidad vegetal, especialmente la arbórea, es crucial en áreas con aprovechamiento forestal maderable. El manejo forestal, a través de sus prácticas silvícolas, moldea las estructuras forestales e influye en la diversidad y riqueza de especies. Estas interacciones son complejas, ya que la diversidad de sistemas de manejo y tipos de ecosistemas conduce a distintas funciones y servicios ecosistémicos. Conservar la diversidad arbórea es pues una condición que se puede manipular a través del manejo forestal para mantener productivos los ecosistemas forestales [Triviño, 2017]. Si bien algunos estudios reportan que el manejo forestal no tiene efecto, o que sus efectos son tanto positivos como negativos sobre la diversidad [Zeller, et al., 2018], estas variaciones pueden explicarse por factores como el grupo ecológico, la etapa sucesional, el tipo de manejo y la temporalidad y espacialidad de la perturbación. La necesidad de desarrollar sistemas silvícolas que conserven la diversidad arbórea y simultáneamente se cumpla con los objetivos tradicionales del manejo forestal, ha impulsado la evaluación de los impactos de diversas técnicas de manejo sobre la diversidad y otros servicios ecosistémicos. El objetivo fue analizar el efecto de diferentes calidades de sitio y la corta de regeneración de selección, sobre el servicio ecosistémico de diversidad arbórea en paisaje productivo de la región de Santiago Papasquiaro, en Durango, México.

Materiales y Métodos

El área de estudio se ubica en bosques del ecosistema templado en el norte de México, dentro del macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental, en la Unidad de Manejo Forestal 1005 “Santiago Papasquiaro” con una extensión de 859,496.5 ha. Se localiza en las coordenadas 24° 30´ a 25° 27´ de Latitud Norte y 105° 01´ a 106° 24´ de Longitud Oeste. El área de estudio está conformada por 17 ejidos: Ejido Cañada de San Miguel el Negro, Ej. El Alamito, Ej. Los Altares, Ej. Las Haciendas y Anexos, N.C.P.E. Los Ojitos, Ej. Quebrada de Cebollas, Ej. Ciénega de Salpica el Agua y Anexos, Ej. Laguna de la Chaparra, Ej. Santa Juana, Ej. El Rincón, Ej. Silvestre Revueltas, Ej. San José de la Chaparra, Ej. San Nicolas, Ej. El Cazadero, Ej. EL Cambray, Ej. San José de la Escalera y Ej. Potrero de Chaidez. La vegetación dominante en la UMAFOR 1005 incluye bosques de pino, bosques de encino y asociaciones de ambos y topográficamente se distingue por la presencia de cañones, mesetas y elevaciones hasta de 3000 msnm [UAF Santiago Papasquiaro S.C, 2009]. Se establecieron 49 parcelas experimentales de 2500 m^2 (radio de 28.21 m) y área útil de 1,000 m^2 (radio de 17.84 m). El escenario de manejo presentó una corta de regeneración de selección de 25-35% de remoción del volumen total árbol. Las parcelas se establecieron de forma aleatoria en áreas con aprovechamiento forestal maderable con paso de más de un ciclo de corta y en las diferentes calidades de sitio (baja-1, media-2, alta-3 y muy alta productividad-4), se establecieron tres parcelas por ejido a excepción del ej. Santa Juana que solo tiene una parcela. En estas parcelas se identificaron las especies arbóreas con diámetro normal (diámetro a la altura de 1.3 m) mayor o igual de 7.5 cm. Las variables dasométricas estimadas fueron: número de árboles (N), diámetro normal promedio (DN en cm), altura total promedio (AT en m), diámetro normal máximo (MDN en cm), altura total máxima (MAT), área

basal (AB en m^2), volumen fustal (VF en m^3), volumen total (VT en m^3), cobertura (C en m^2), biomasa arbórea (BA en ton ha^{-1}), biomasa radicular (BR en ton ha^{-1}), biomasa total (BT en ton ha^{-1}) y carbono (CA en ton ha^{-1}). Para evaluar la diversidad arbórea, se consideraron los indicadores: índice de valor de importancia (IVI) por género y especie. Para cuantificar la riqueza específica se utilizó el índice de riqueza de especies (S) y el Índice de Margalef (Dmg). La estructura de la comunidad, se estimó por dominancia con el índice de Simpson (λ) y por equidad con el índice de Shannon-Weiner (H'). Previo al análisis estadístico, se hizo una auditoría de datos y se analizaron las variables y valores de índices calculados; se les probó la distribución normal (Prueba de Shapiro-Wilks) y homocedasticidad (test de Levene) de los datos. Para comprender a fondo las interacciones y la estructura subyacente de los datos, se aplicaron diversas técnicas de análisis estadísticos. Se realizaron análisis de correlación para cuantificar las relaciones entre variables, análisis de componentes principales (PCA) para identificar las dimensiones principales de variabilidad, análisis de clúster para agrupar observaciones con características similares, análisis de correspondencia canónico (CCA) para explorar las relaciones entre conjuntos de variables y análisis multivariante de varianza (MANOVA), para evaluar las diferencias en las variables dasométricas e índices de diversidad en relación con los cuatro grupos de calidad de sitio (Ward Method 1, 2, 3 y 4), complementado con pruebas post-hoc, para evaluar las diferencias entre grupos en múltiples variables dependientes simultáneamente. Todos estos análisis se llevaron a cabo con un nivel de significancia de $p<0.05$, utilizando el software IBM SPSS Statistics.

Resultados y discusión

El área de estudio registró 6 familias: *Pinaceae, Fagaceae, Ericaceae, Betulaceae, Cupressaceae* y *Rosaceae*; 8 géneros: *Pinus, Quercus, Arbutus, Juniperus, Cupressus, Alnus, Pseudotsuga y Prunus* y 22 especies: *Pinus durangensis Martínez, P. arizonica Engelmann, P. leiophylla Schl. & Cham, P. teocote Schlecht. & Cham., P. engelmannii Carr., P. lumholtzii Rob. & Fern., P. strobiformis Engelmann, Quercus sideroxyla Humb. & Bonpl., Q. crassifolia Humb. & Bonpl, Q. rugosa Née, Q. castanea Nee, Q. durifolia Seemen ex Loes., Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco, Populus tremuloides Michx. Juniperus deppeana Steud. Cupressus lusitanica Mill., Arbutus madrensis S. González, Arbutus glandulosa M. Martens & Galeotti, Arbutus arizonica (A.Gray) Sarg., Arbutus coccolobifolia M.Martens & Galeottiy, Alnus acuminata Kunth y Prunus serótina Ehrh*. Los géneros con mayor valor de importancia ecológica (*IVI*) fueron *Pinus* (42-56%) y *Quercus* (34-46%). Las especies con mayor *IVI* fueron: *Pinus arizonica, P. leophylla y Q. sideroxyla* con valores del 11-26%. Las especies con menor *IVI* fueron*: Pseudotsuga menziesii, Prunus serótina, Pinus lumholtzii, Cupressus lusitánica, Quercus castanea y Alnus acuminata* con valores menores al 2.7%. El promedio estimado de las parcelas en abundancia, área basal, diámetro normal, altura total y volumen total (fuste, remas y ramillas), fue de 714 árboles ha^{-1}, 34 m^2 ha^{-1}, 8.4-30.5 cm, 3.9-16.4 m y 260 m^3 ha^{-1}, respectivamente. De acuerdo con el coeficiente de Pearson, el DN se correlacionó positivamente con el AB ($r=0.248$, $p<0.085$), VF ($r=0.430$, $p<0.002$) y VT ($r=0.434$, $p<0.002$), mientras que la AT se correlaciona con el MDN ($r=0.366$, $p<0.010$) y MAT ($r=0.786$, $p<0.000$). Las relaciones entre índices de diversidad y las variables dasométricas no fueron significativas, a excepción del H' ($r=0.359$, $p<0.011$), que presentó una correlación moderada con el MDN. La diversidad estimada fue de media a alta. Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros a nivel parcela de variables dasometricas e índices de diversidad en paisaje templado de la UMAFOR 1005 “Santiago Papasquiaro”, en Durango, México.

Variable	Estadísticos descriptivos			
	NP	Mínimo	Máximo	Media
Número de árboles (N)	49	22.00	148.00	71.3673
Diámetro normal promedio (DN en cm)	49	8.34	30.47	19.9549
Diámetro normal máximo (MDN en cm)	49	34.20	206.50	63.3347
Altura total promedio (AT en m)	49	3.91	16.40	9.6093
Altura total máxima (MAT)	49	8.95	34.50	19.8961
Área basal (AB en m^2)	49	1.06	13.68	3.4091
Volumen fustal (VF en m^3)	49	3.65	46.01	18.9648
Volumen total (VT en m^3)	49	4.70	69.51	26.7398
Cobertura (C en m^2)	49	309.30	1280.24	701.074
Biomasa arbórea (BA ton ha^{-1})	49	6.27	90.77	19.8702

Biomasa radicular (BR ton ha^{-1})	49	0.57	12.03	2.3072
Biomasa total (BT ton ha^{-1})	49	6.85	102.80	22.1774
Carbono (CA ton ha^{-1})	49	3.42	51.40	11.0887
Riqueza de especies (S)	49	2.00	8.00	5.0204
Índice de Margalef (Dmg)	49	0.51	3.83	2.1933
Índice de Shannon-Weiner (H')	49	0.10	1.74	1.1261
Índice de diversidad de Simpson (λ)	49	0.04	0.80	0.5916

NP=número de parcelas.

El análisis de componentes principales identificó cuatro dimensiones que explican el 86.7% de la varianza, separando variables dasométricas (BA, AB, VF y VT con cargas > 0.710) e índices de diversidad (S , Dmg, λ y H' con cargas > 0.844); El análisis de clúster agrupó las parcelas en tres grupos, mostrando heterogeneidad espacial. Del análisis de correspondencia canónico se obtuvo que las variables dasométricas explicaron solo una pequeña proporción (19.48%) de la variabilidad total en la composición de matriz de índices de diversidad. Las pruebas multivariadas para el efecto calidad de sitio, mostraron una significancia estadística alta (Traza de Pillai = 1.679, F = 6.351, Sig. = 0.000; Lambda de Wilks = 0.075, F = 6.670, Sig. = 0.000), esto indicó que existen diferencias significativas, entre el conjunto de variables dependientes (dasométricas e índices de diversidad) y los distintos grupos de calidad de sitio. Las pruebas de efectos inter-sujetos confirmaron las diferencias significativas para todas las variables individuales (N, AB, VT, C, S, Dmg, λ y H') a través de los grupos de calidad de sitio (Sig. = 0.0000 para la mayoría). Las pruebas post-hoc de Tukey HSD revelaron diferencias significativas entre las calidades de sitio. Para la variable N, el grupo 1 difirió del 2 y 3. Para AB, el grupo 1 se diferenció de todos los demás. VT mostró que el grupo 1 y 2 difirieron del 3 y 4. En S, el grupo 2 difirió del 1 y 3. Dmg mostró diferencias entre el grupo 2 y el 1 y 3. Para H' el grupo 3 difirió del 2 y 4. Finalmente, λ revela que el grupo 2 fue diferente del 3.

Conclusiones.

El área de estudio registró seis familias, ocho géneros y 22 especies de árboles y arbustos. Las especies con mayor valor ecológico fueron *Pinus arizonica, P. leophylla* y *Q. sideroxyla*. No se encontraron correlaciones significativas entre la diversidad y las variables dasométricas. Las variables dasométricas explican una pequeña parte de la variabilidad total en los índices de diversidad (19.48%). La calidad del sitio influyó en las variables dasométricas y los índices de diversidad, específicamente en el número de árboles, el área basal y la riqueza de especies, con diferencias claras entre grupos de productividad baja, media, alta y muy alta, lo que subraya la importancia de este factor en la estructura y composición del bosque. El estudio sugiere que las cortas de selección con remoción del 25-35% del volumen no alteran el valor de importancia ecológica ni la diversidad arbórea. Conservar la diversidad arbórea es fundamental para mantener la productividad y los servicios ecosistémicos en bosques templados con aprovechamiento forestal maderable.

Referencias bibliográficas.

Millenium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being*, Synthesis; Island Press, Washington, DC., 2005; Vol. 5, doi:10.1196/annals.1439.003.

Mace, G. M.; Norris, K.; Fitter, A. H. Biodiversity and Ecosystem Services: A Multilayered Relationship. *Trends Ecol. Evol.* 2012, 27 (1), 19–25, doi:10.1016/j.tree.2011.08.006.

Triviño, M.; Pohjanmies, T.; Mazziotta, A.; Juutinen, A.; Podkopaev, D.; Le Tortorec, E.; Mönkkönen, M. Optimizing Management to Enhance Multifunctionality in a Boreal Forest *Landscape. J. Appl. Ecol.* 2017, 54 (1), 61–70, doi:10.1111/1365-2664.12790.

Zeller, L.; Liang, J.; Pretzsch, H. Tree Species Richness Enhances Stand Productivity While Stand Structure Can Have Opposite Effects, Based on Forest Inventory Data from Germany and the United States of America. *For. Ecosyst.* 2018, 5 (1), 4, doi:10.1186/s40663-017-0127-6.

UAF Santiago Papasquiaro S.C. (2009). Estudio Regional Forestal de la UMAFOR 1005. Asociación Regional de Silvicultores Santiago Papasquiaro, A.C. Comisión Nacional Forestal. Consultado: 11 mayo de 2025. http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1132ERF_UMAFOR1005.pdf

DINÁMICA DEL CARBONO EN BOSQUES TEMPLADOS BAJO DIFERENTE MANEJO: ESTUDIO DE CASO EJIDO ECHEVERRÍA DE LA SIERRA, DURANGO

Vicenta Constante-García[1*] Erika Nava-Reyna[1], Alexis Javier Pérez Alvarado[2], Mariana de Jesús Marcial-Pablo[1], José Alberto Urrieta-Velázquez[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta (CENID-RASPA), Margen Derecho del Canal de Sacramento km 6.5, Gómez Palacio, Durango, México, CP 3514. [2]Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Carretera El Vergel – La Torreña Km 0 820, El Vergel, Durango, México, CP 35120.

*Autora para correspondencia: constante.garcia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Biomasa, Pino Encino, Alometría

Introducción

Los bosques templados de México, particularmente los dominados por especies de *Pinus y Quercus*, desempeñan un papel fundamental en el secuestro de carbono, contribuyendo a mitigar el cambio climático. Sin embargo, su capacidad de almacenamiento varía significativamente según las prácticas de manejo aplicadas. Estudios estiman que estos ecosistemas capturan hasta 13.2 mil millones de toneladas de CO_2 anuales en el país, representando el 54% del potencial nacional. No obstante, la falta de datos específicos sobre cómo diferentes estrategias de manejo (conservación, aprovechamiento sostenible y restauración) influyen en la dinámica del carbono limita la toma de decisiones para proyectos de compensación ambiental y políticas forestales. En el norte de México, los bosques de pino-encino son clave para la producción maderera, pero su manejo puede alterar su capacidad de almacenamiento de carbono. Investigaciones previas indican que áreas conservadas retienen más carbono que aquellas bajo aprovechamiento o degradación mientras que las zonas restauradas requieren décadas para recuperar sus reservas (Monárrez-González *et al*., 2018). Por lo anterior, este estudio tuvo como objetivo cuantificar estas diferencias bajo tres condiciones de manejo en el Ejido Echeverría de la Sierra, Durango: 1) conservación (sin intervención), 2) degradación (manejo forestal activo) y 3) restauración (reforestación). Con esto, se generó evidencia para optimizar estrategias de manejo forestal que equilibren la producción económica y la mitigación climática, además de servir como referencia para esquemas de pagos por servicios ambientales (como bonos de carbono) en ecosistemas similares.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Ejido Echeverría de la Sierra, Durango, ubicado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, dentro de la región hidrológica Presidio-San Pedro (cuenca del río Acaponeta, subprovincia San Vicente). Se evaluaron tres condiciones de manejo forestal: el área conservada (CON) sin intervención de manejo (coordenadas: 105°02'57.10" O, 23°48'56.33" N); el área degradada (DEG) sujeta a aprovechamiento forestal activo (coordenadas: 105°02'57.74" O, 23°48'52.39" N) y el área restaurada (RES), representada por una plantación de *Pinus engelmannii* con una edad de 30 años (2.9 ha; coordenadas: 105°02'16.50" O, 23°48'10.18" N). El diseño de muestreo se realizó en el terreno tratando de minimizar la influencia de ecotonos vegetales, las áreas CON y DEG se seleccionaron en proximidad espacial cada 100 m. En cada una se establecieron nueve parcelas circulares de 1000 m², distribuidas sistemáticamente cada 100 m de separación entre ellas y manteniendo un mismo gradiente altitudinal. En el área RES, se muestrearon aleatoriamente 33 árboles de la plantación. La medición de variables dasométricas fueron el diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) y la altura total (m). La estimación de la biomasa y el carbono se calculó mediante modelos alométricos específicos para bosques templados del estado de Durango, seleccionados por su ajuste ecológico (bosques mixtos) y precisión predictiva ($R^2 > 0.9$). Las ecuaciones utilizadas expresan la biomasa en kg por individuo y consideran como variables predictoras el DAP y la altura total del arbolado (Roxburgh *et al*., 2015). El análisis estadístico consistió en determinar las diferencias en el almacenamiento de carbono entre condiciones de manejo, utilizando una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis o similar, según distribución de datos) a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (Cuadro 1).

Cuadro 1. Modelos alométricos de biomasa aérea (kg árbol^{-1}) en bosques templados de Dgo.

Componente	Especie	Ecuación	Unidades	Muestra	r^2	Estado	Referencia
B. A	*Q. durifolia*	$[0.1254d^{1.7402} h^{0.8114}]$	kg	131	0.94	Dgo	Vargas - Larreta, 2017
B. A	*Q.sidroxila*	$[0.0768]^{X}[DBH^{2.4416}]$	Kg	51	0.95	Chih, Dgo	Navar, 2009
B. A	*P. leiophylla*	$[0.1751]^{X}[DBH^{2.2629}]$	kg	27	0.93	Chih, Dgo	Návar 2009
B. A	*P. elngelmannii*	$[0.2883]^{X}[DBH^{1.7343}]$	KG	81	0.72	Chih, Dgo	Návar 2009

B.A.= Biomasa Área

Para cuantificar el carbono almacenado, se aplicó un factor de conversión de 0.50 a la biomasa arbórea, correspondiente al porcentaje promedio de carbono en biomasa seca según el estándar del IPCC (2003). Este valor fue empleado para transformar los datos de biomasa (kg árbol^{-1}) a contenido de carbono, permitiendo extrapolar los resultados a en toneladas por hectárea (t ha^{-1}) en cada condición de manejo. En las áreas conservada (CON) y degradada (DEG), el cálculo se realizó a nivel individual por especie, mientras que para el área restaurada (RES) caracterizada por su homogeneidad como plantación monoespecífica se empleó un valor promedio ponderado según la densidad poblacional. Este enfoque metodológico optimizó la precisión de las estimaciones al considerar las particularidades estructurales de cada condición. El análisis comparativo entre las tres áreas de estudio se realizó mediante pruebas estadísticas no paramétricas, previa verificación de los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Levene). Esta aproximación metodológica permitió identificar diferencias significativas en los contenidos de Carbono entre las distintas condiciones de manejo forestal evaluadas.

Resultados y Discusión

El área conservada (CON) presentó una densidad total de 624.4 individuos ha^{-1}, distribuidos entre las especies dominantes (Q*. sideroxila, Pinus leiophylla y Quercus durifolia*). Como se detalla en el Cuadro 2, la biomasa arbórea alcanzó 147.7 toneladas de biomasa por hectárea, equivalente a 73.8 t C ha^{-1}. Estos valores reflejan la estructura típica de un bosque maduro no intervenido en la región.

Cuadro 2. Carbono y biomasa por especie y total en el área conservada

Especie	No. Individuos (ha^{-1})	Biomasa (t ha^{-1})	Carbono (t ha^{-1})
Q. sideroxila	181.1	31.84	15.9
P. leiophylla	251.1	60.03	30.0
Q. durifolia	192.2	55.83	27.9
Total	624.4	147.7	73.8

En contraste con el área conservada, el área degradada (DEG) mostró una mayor densidad de *Quercus sideroxila* (480 árboles ha^{-1}), pero con menor biomasa individual promedio (Cuadro 3). El carbono total almacenado fue de 62.09 t C ha^{-1}, distribuido predominantemente en *Q. sideroxila* (49.8% del total), seguido por *Pinus leiophylla* (30.8%) y *Q. durifolia* (19.4%). Estos valores reflejan el impacto del manejo forestal selectivo en la estructura del bosque.

Cuadro 3. Carbono y biomasa por especie y total en el área degradada

Especie	No. Individuos (ha-1)	Biomasa (t ha^{-1})	Carbono (t ha-1)
Q. sideroxila	480	61.8	30.92
P. leiophylla	178	38.3	19.15
Q. durifolia	114	24.1	12.03
Total	772	124.2	62.09

Los resultados en el área DEG, la cuantificación de la biomasa en la plantación de *Pinus engelmannii* (2.95 ha) la densidad poblacional estimada fue de 753 individuos ha^{-1}, con una biomasa promedio de 0.02374 toneladas por árbol. Aplicando el factor de conversión estándar de 0.50 (IPCC, 2003), se obtuvo un almacenamiento total de 40.5 t ha^{-1} de biomasa y 20.2 t ha^{-1} de carbono para el área restaurada.

Los valores de captura total de carbono mostraron diferencias significativas entre las áreas evaluadas: el área CON (conservada) registró el mayor almacenamiento (73.8 t ha^{-1}), seguida del área DEG (degradada) con 62.09 t ha^{-1}, mientras que el área REST (restaurada) presentó la menor cantidad (20.2 t ha^{-1}). La prueba de Kruskal-Wallis (χ^2) aplicada al carbono por árbol (Carbono árbol^{-1}) en las áreas CON, DEG y REST reveló diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.000727$). Cabe destacar que el área REST mostró la mayor divergencia frente a CON y DEG, mientras que estas dos últimas exhibieron la menor diferencia entre sí, aunque aún significativa. Los resultados del área DEG (bajo manejo forestal) coinciden con estudios previos en Durango, donde se reportaron valores de 36.42–37 t C ha^{-1} en áreas aprovechadas. En contraste, las áreas conservadas (CON), bajo investigación forestal, presentaron mayores reservas de carbono (66.42–46.71 t C ha^{-1}) (Castruita-Esparza *et al*., 2024) en línea con lo observado en bosques templados mixtos de pino-encino. En cuanto al área restaurada, es congruente un bajo nivel de carbono, tomando en cuenta la edad del arbolado.

Conclusión

Aunque los valores específicos varían, se confirma un patrón consistente: la conservación favorece la acumulación de carbono, mientras que la degradación reduce su almacenamiento, en tanto que la restauración requiere más tiempo para alcanzar niveles comparables. Estos resultados refuerzan la importancia de políticas de manejo forestal sostenible que prioricen la conservación y la restauración activa para maximizar la captura de carbono en ecosistemas boscosos.

Agradecimientos y fuente financiadora

Este trabajo fue financiado por el fondo de Proyectos Fiscales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias 2023-1 titulado “Recuperación de la funcionalidad de suelos degradados bajo diferentes estrategias en ecosistemas áridos y templados del norte de México”.

Referencias bibliográficas

Castruita-Esparza, L. U., Narváez-Flores, R., Gutiérrez, M., Mojica-Guerrero, A. S., Quiñones-Barraza, G., & Hernández-Salas, J. (2024). Structure and Carbon Capture of a Temperate Mixed Forest across Altitudinal Gradients in Northern Mexico. *Land*, *13*(4). https://doi.org/10.3390/land13040461

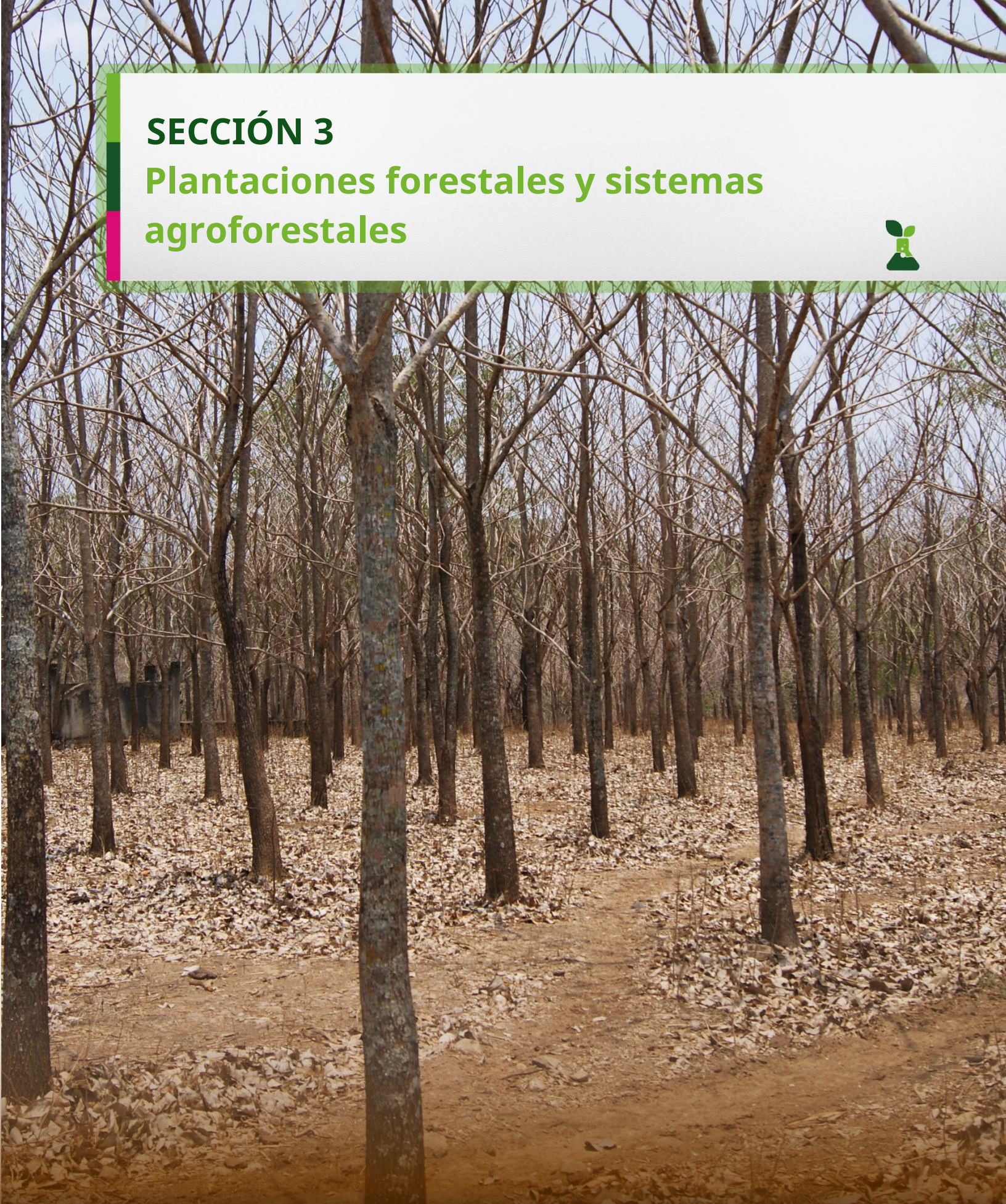
IPCC, 2003. (2003). *Intergovernmental Panel on Climate Change Good Practice Guidance for Land Use , Land-Use Change and Forestry Edited by* (Ian. (Australia) and C.-Lopez. (Cuba) Carruthers, Ed.). Institute for Global Environmental Strategies (IGES).

Monárrez-González, J. C., Pérez-Verdín, G., López-González, C., Márquez-Linares, M. A., & González-Elizondo, M. D. S. (2018). Effects of forest management on some ecosystem services in temperate forest ecosystems of Mexico. *Madera y Bosques*, *24*(2). https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569

Roxburgh, S. H., Paul, K. I., Clifford, D., England, J. R., & Raison, R. J. (2015). Guidelines for constructing allometric models for the prediction of woody biomass: How many individuals to harvest? In *Ecosphere* (Vol. 6, Issue 3). Ecological Society of America. https://doi.org/10.1890/ES14-00251.1

SECCIÓN 3

Plantaciones forestales y sistemas agroforestales



“BOSQUES PLANTADOS COMERCIALES DE *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC” / Bayron Alexander Ruíz Blandón

VARIACIÓN ADAPTATIVA EN CARACTERES MORFOLÓGICOS DE PLÁNTULAS DE *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham

Araceli Hernández-López[1], Liliana Muñoz-Gutiérrez[2*], J. Jesús Vargas-Hernández[3], Javier López-Upton[3]

[1]DICIFO, Universidad Autónoma Chapingo; [2]CENID COMEF, INIFAP; [3]Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados

*Autora para correspondencia: gutierrez.liliana@inifap.gob.mx

Palabras clave: Adaptación, indicadores morfológicos, variación genética.

Introducción

Es importante conocer la variación genética en caracteres de importancia adaptativa, con la finalidad de establecer medidas para incrementar la productividad en plantaciones forestales comerciales, y promover la adaptación del arbolado a las condiciones del sitio. La variación genética de caracteres de valor adaptativo puede ayudar a determinar zonas de movimiento o transferencia de semillas, dado que el estudio de la variación adaptativa permite inferir la adaptación ante las distintas intensidades de la selección natural; además, ayuda en la toma de decisiones en la selección de especies y procedencias que se pueden utilizar en programas de reforestación, restauración o en plantaciones comerciales. Por lo anterior, los objetivos fueron 1) determinar la variación adaptativa en la capacidad germinativa de la semilla y las características morfológicas de plántulas de *Pinus patula*; y 2) analizar la correlación existente entre las variables morfológicas entre familias y las variables climatológicas de la zona de origen de la semilla.

Materiales y métodos

Se incluyeron 59 lotes de semillas de árboles individuales de *P. patula* procedentes de diversas regiones del país clasificadas como R2-Veracruz (19 familias), R3 compuesta por 6 familias de puebla, 10 de Hidalgo y 9 de Veracruz, y 15 clones de un huerto semillero asexual de segunda generación (HSA) con procedencias de Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, Tamaulipas y Veracruz. Una muestra de 50 semillas llenas por familias, se remojaron en agua destilada con un 5 % de agua oxigenada por 24 horas, después se sembraron en tubetes de 170 ml en charolas de 54 cavidades. En un sustrato compuesto por turba de musgo®, perlita® y vermiculita® en proporciones de 60:20:20 y 5 g l^{-1} de fertilizante de liberación controlada marca Multicote ® para ocho meses. El diseño empleado fue en bloques completos al azar con cinco repeticiones por familia y unidades experimentales de 12 plántulas. Se determinó la capacidad germinativa (CG) (porcentaje de germinación final) registrando el número de semillas emergidas a los 30 días después de la siembra, con la siguiente ecuación: CG (%) = (semillas germinadas/semillas totales) *100. A 45 días después se contabilizó el número de cotiledones (NC), y con ayuda de una regla graduada se midió la longitud de cotiledones (LC) (cm) y longitud de hipocótilo (LH) (cm).

Por otra parte, se obtuvieron las normales climáticas de los sitios de origen para el periodo 1991-2020 a través de la plataforma ClimateNA_v7.50 con un total del 25 variables ambientales, sin embargo, debido a la fuerte interrelación entre estas variables, solo se emplearon: latitud (LAT), longitud (LONG), temperatura media anual (TMA), temperatura media del mes más cálido (TMMC), día en el que comienza (IPLH) y día en el que termina (PLHF) el periodo libre de heladas, precipitación en forma de nieve (PPN) y temperatura extrema del periodo 1991-2020 (TEXT).

Para el análisis de los datos de las variables morfológicas se utilizó el procedimiento Mixed del paquete de análisis estadístico SAS® V9.2 (SAS, 2012), mientras que para el 12 análisis de la capacidad germinativa se utilizó el procedimiento Glimmix, con la función de enlace para una distribución binomial, en donde la semilla germinada (o planta emergida) se consideró el caso de éxito (i.e., con valor de 1), mientras que la semilla no germinada se consideró como el caso de “no éxito” (i.e., con valor de 0). Posteriormente se realizó un análisis exploratorio de las interrelaciones entre las variables geoclimáticas con el propósito de eliminar redundancia y reducir los problemas de multicolinealidad, excluyendo una de las variables de cada par en donde la correlación entre ellas fue superior a 0.9. Las variables que no fueron excluidas se

incorporaron a un segundo análisis de correlaciones de Pearson con las variables morfológicas, para determinar las posibles interrelaciones entre ambos grupos de variables. con el propósito de identificar las principales variables involucradas en los patrones de variación detectados para la capacidad germinativa y características morfológicas de las plantas, se realizó un análisis de correlaciones canónicas entre ambos grupos de variables con el procedimiento CANCORR de SAS ® V9.2 (SAS, 2012).

Resultados y discusión

El análisis de varianza indicó que existe una variación genética altamente significativa (p< 0.0001) debida a las familias en todas las variables evaluadas (CG, NC, LC y LH). El promedio de germinación de las familias fue de 56 %, con 5.23 en número de cotiledones, 1.96 cm en longitud de cotiledón y 2.51cm en longitud de hipocótilo. Particularmente, los clones procedentes del HSA de segunda generación germinaron en promedio 88 %, 5.3 cotiledones y longitud promedio de 2.07 cm y 2.51 cm longitud de hipocótilo; en las familias de la R2 la CG promedio fue de 7 % con 5.3 cotiledones de 1.77 cm de longitud y 2.49 cm de longitud de hipocótilo, y para las familias de la R3 germinaron el 73 % con 5.1 cotiledones, longitud promedio de 2.03 cm y 2.53 longitud de hipocótilo. Por otra parte, se determinó que la CG presentó la mayor variación entre árboles dentro de las regiones; semillas de la R2 su máxima CG fue de 45 % y la mínima de 0 %, para la R3 la máxima fue de 97 % y la mínima de 11 %, mientras que las procedentes del HSA la máxima fue de 100 % y la mínima de 85 %. Los valores bajos de la CG en la R2 y R3 pueden relacionarse con la falta de polen, la falta de sincronización en los periodos de floración, aislamiento y fragmentación de las poblaciones, incluso al número de individuos, lo que puede provocar problemas de endogamia y reducción del flujo genético (Juárez-Agis et al., 2016; Capilla-Dinori et al., 2021). También depende de la calidad de semilla, ya que semillas de estas regiones permaneció almacenada a temperatura ambiente por un año, mientras que las del HSA fueron recolectadas durante el mismo año en el que se llevó a cabo el experimento.

El número de cotiledones presentó mayor variación atribuida a los árboles, los valores indicaron que el 80.8 % de las plantas presentaron entre cinco y seis cotiledones, el 15.4 % presentó cuatro cotiledones y el 3.8 % presentaron siete u ocho cotiledones. Respecto a la correlación de Pearson, indicó que a excepción del número de cotiledones las demás variables morfológicas se correlacionan positivamente con la latitud y longitud del sitio de origen (Cuadro 1). Estas correlaciones muestran una tendencia sobre aquellas familias que se distribuyen más al norte y al oeste, con mayor temperatura y longitud del periodo de crecimiento presentaron una mayor capacidad germinativa y plántulas de mayor tamaño en cuanto a longitud de cotiledón y del hipocótilo, como lo encontrado por Rehfeldt (1993) para poblaciones de *P. ponderosa* var. *Scopolorum* Engel. ex S. Watson, *P. arizonica* Engelm y *P. engelmanii* Carr.

Cuadro 1. Correlaciones de Pearson entre las características de plántulas y variables climáticas del sitio de origen de las semillas de *P. patula*.

Variables	LAT	LONG	TMA	TMMC	IPLH	PLHF	PPN	TEXT
CG	0.385**	0.669**	0.022	0.087	0.109	-0.020	-0.098	0.278*
NC	0.006	-0.099	-0.215	-0.199	0.211	-0.202	0.165	-0.174
LC	0.363*	0.527**	0.087	0.140	-0.046	0.094	-0.097	0.247
LH	0.306*	0.405**	0.313*	0.333*	-0.311*	0.331*	-0.294*	0.366*

CG= capacidad germinativa; NC= número de cotiledones; LC= longitud de cotiledones; LH= longitud de hipocótilo; LAT=latitud; LONG=longitud; TMA=temperatura media anual; TMMC=temperatura media del mes más cálido; IPLH=día del año en el que comienza el periodo libre de heladas; PLHF=día del año en el que termina el periodo libre de heladas; PPN=precipitación en forma de nieve; TEXT=temperatura extrema de 1991-2020. * <0.05 ; **<0.001

Para el análisis de correlación canónica la función explicó el 77 % de la variación conjunta existente entre las cuatro variables morfológicas y las quince variables climáticas del sitio de origen de las semillas, con correlación altamente significativa (p= 0.001) y valor ajustado de 0.83. De acuerdo con los coeficientes canónicos, la capacidad germinativa y la longitud de cotiledones presentaron coeficientes de 0.85 y 0.24, respectivamente, lo que indicó que estas características son las más importantes y tienen un peso positivo,

es decir, un aumento en la característica ocasiona un aumento en el valor de la función canónica integrada, mientras que las otras dos características son menos relevantes y su peso es negativo, un aumento en la característica, ocasiona una reducción en el valor de la función canónica. Para las variables climáticas, las más importantes fueron TMMC (temperatura del mes más cálido), con coeficiente de 8.11, seguido de TEXT (temperatura extrema del periodo 1991-2020) coeficiente -4.21 y IPLH (día del año en el que comienza el periodo libre de heladas) coeficiente de 3.46. Lo anterior indica que las características morfológicas más sensibles a los cambios en la función canónica que maximiza las correlaciones con las variables ambientales son la germinación y la longitud de cotiledón; mientras que las variables climáticas que más influyen en su respectiva función canónica 1 son la temperatura del mes más cálido (TMMC), la temperatura extrema del periodo 1991-2020 (TEXT) y la fecha de inicio del periodo libre de heladas (IPLH) en el sitio de origen de las progenies.

Conclusiones

La capacidad germinativa, la longitud de cotiledones y de hipocótilo tienen un valor adaptativo, ya que se asociaron de manera significativa con algunas de las variables climáticas del sitio de origen de las progenies. Las más importantes fueron latitud, longitud y temperatura extrema del periodo 1991-2020. Los coeficientes canónicos son importantes para la selección de individuos superiores en los programas de mejoramiento genético para caracteres de interés cuando se consideran diferentes regiones, familias o clones. Determinar el grado de asociación entre variables de crecimiento y variables ambientales permite seleccionar los mejores individuos adaptados a ambientes específicos y mejorar el incremento del rendimiento de las plantas. Las correlaciones entre las variables morfológicas y climáticas son un efecto adaptativo y materno, lo que permite tener información para la toma de decisiones en la utilización correcta del germoplasma en los programas de plantaciones y/o reforestación en diferentes regiones geográficas del área de distribución de la especie, así como en el establecimiento de unidades productoras de germoplasma de la especie, en particular los huertos semilleros sexuales y asexuales.

Fuente financiadora

Proyecto: 8491236185 “Manejo integrado de los recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático”. CENID COMEF, INIFAP.

Referencias bibliográficas

Capilla-Dinori, E., J. López-Upton., M. Jiménez-Casas & V. Rebolledo-Camacho. (2021). Características reproductivas y calidad de semilla en poblaciones fragmentadas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. *Revista Fitotecnia Mexicana, 44*(*2*): 211-219. https://doi.org/10.35196/rfm.2021.2.211

Juárez-Agis, A., J. López-Upton., J. J. Vargas-Hernández & C. Sáenz-Romero. (2006). Variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Pseudotsuga menziesii* de México. *Agrociencia*, *40*: 783-792.

Rehfeldt G. E. (1993). Genetic variation in the Ponderosae of the Southwest. *American Journal of Botany*, *80* (3): 330-343.

SAS (Statistical Analysis System) Institute. (2012). *SAS/STAT Computer Software. Release 9.2.* SAS Institute Inc.

MODELOS DE ALTURA-DIÁMETRO PARA PLANTACIONES DE *Swietenia macrophylla* King EN QUINTANA ROO, MÉXICO

Xavier García-Cuevas[1*], Jonathan Hernández-Ramos[2], Adrián Hernández–Ramos[3], Antonio Cano-Pineda[3], Secundino Torres-Lamas[1]

[1*]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Campo Experimental (CE) Chetumal, Km. 25 Carretera Chetumal-Bacalar, Xul ha, Quintana Roo, 77000, México. [2]INIFAP-CE Bajío, Carretera Celaya San Miguel de Allende Kilómetro 6.5, 38010 Celaya, Guanajuato. México. [3]INIFAP-CE Saltillo, Km 342+119 Carretera Saltillo-Zacatecas No. 9515 Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*Autor para correspondencia: garcia.xavier@inifap.gob.mx

Palabras clave: Caoba, inventarios, alometría, modelos mixtos

Introducción

Swietenia macrophylla King es una especie de importancia económica con una amplia distribución, pero poca abundancia en los trópicos. El diámetro normal (*d,* cm) y la altura total (*At,* m) son las dos más importantes variables en la evaluación de las existencias para el manejo de los recursos forestales y en la investigación de los ecosistemas (Liu *et al*., 2017). Sin embargo, en los inventarios forestales, medir la *At* de todos los árboles es muy costoso, difícil y se incurre en errores, contrario a esto, la medición del *d*, es fácil, precisa y menos costosa (Barrio *et al*., 2004). En los inventarios forestales el *d* se mide en todos los árboles y la *At* en una submuestra en forma aleatoria o por categorías diamétricas y a partir de ello se desarrollan ecuaciones que relacionan ambas variables (*At-d*) con las que se estima la *At* de todos los árboles (Liu et al., 2017). Las ecuaciones locales no son útiles para todas las condiciones, ya que las *At* varía con las condiciones de crecimiento, por lo que para mejorar la precisión se usan ecuaciones generalizadas o el enfoque de efectos mixtos (MEM) (Santiago-García *et al*., 2020). El objetivo fue ajustar modelos no lineales de efectos fijos y efectos mixtos para modelar la relación At-d de plantaciones de *Swietenia macrophylla* King en Quintana Roo, México.

Materiales y métodos

El área de estudio se realizó en el centro y sur del estado de Quintana Roo, México, en el municipio de Bacalar, Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco, en selvas medianas subperennifolias y medianas subcaducifolia (Pennington y Sarukhán, 2016). Los datos se obtuvieron de 5 476 árboles en 16 plantaciones forestales comerciales (PFC) en sitios de muestreo rectangulares de 400 m^2. Se ajustaron cinco ecuaciones de crecimiento (1) Schumacher: $At = 1.3 + \beta_0 e^{-\beta_1/d} + \varepsilon_i$, (2) Korf: $t = 1.3 + \beta_0 e^{-\beta_1/d^{\beta_2}} + \varepsilon_i$, (3) Von Bertalanffy: $At = 1.3 + \beta_0(1 - e^{-\beta_1 d})^3 + \varepsilon_i$, (4) Weber: $At = 1.3 + \beta_0(1 - e^{-\beta_1 d}) + \varepsilon_i$ y (5) Monomolecular-Weber: $At = 1.3 + \beta_0(1 - e^{\beta_1 - \beta_2 d}) + \varepsilon_i$, donde β_i = parámetros del modelo, *At* = altura total (m), *d* = diámetro normal (cm) y Ɛ = término de error aleatorio. Para el ajuste se utilizó el procedimiento Model por máxima verosimilitud en SAS y se seleccionó una ecuación base de efectos fijos, con base en la raíz del cuadrado medio del error (*RCME*), coeficiente de determinación (R^2) y valores de los Criterios de Información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC). Una vez seleccionada la mejor ecuación local de efectos fijos, la *At* se ajustó bajo el enfoque de MEM que incluye el efecto del tipo de suelo Puslum (1: Leptosol réndzico), Booxlum (2: Leptosol lítico), K'ankab (3: Luvisol vértico) y Ak'alche (4: Gleysol mólico) para el ajuste del modelo, ya que es el principal factor que afecta la productividad del sitio. El ajuste se hizo en Rstudio® usando la función nlme de y la técnica de máxima verosimilitud restringida (REML) (Pinheiro et al., 2019). La inclusión de la variable de clasificación para efectos de ajuste de los modelos se realizó de manera aditiva (+ui), en cada uno de sus parámetros. La selección del mejor modelo de efectos mixtos se hizo con base en el mayor coeficiente de determinación (R^2), y menores para el Criterio de Información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC), en donde como regla, el mejor modelo es el que presenta los valores más bajos (Liu et al., 2017).

Resultados

La ecuación Monomolecular-Weber con efectos fijos fue superior a las demás expresiones, ya que los valores de los indicadores de ajuste así lo indican (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de los parámetros fijos estimados y sus estadísticos de bondad de ajuste para los modelos analizados.

ID	Parámetro	Estimador	EE	t value	Pr>|t|	RCME	R^2	AIC	BIC
[1]	β_0	22.0616	0.143	154.2	<0.0001	2.1724	0.7775	22522	22542
	β_1	12.1817	0.107	113.4	<0.0001				
[2]	β_0	33.0000				2.0490	0.8021	21922	21942
	β_1	6.8550	0.092	74.8	<0.0001				
	β_2	-0.6278	0.005	-129.4	<0.0001				
[3]	β_0	15.9400	0.086	186.1	<0.0001	2.3055	0.7494	23132	23152
	β_1	0.1288	0.001	144.3	<0.0001				
[4]	β_0	26.3500	0.443	59.4	<0.0001	1.9798	0.8152	21570	21590
	β_1	0.0278	0.001	42.2	<0.0001				
[5]	β_0	29.0105	1.017	28.5	<0.0001	1.9771	0.8158	21557	21583
	β_1	-0.0168	0.004	-4.4	<0.0001				
	β_2	0.0234	0.001	17.6	<0.0001				

EE = error estándar aproximado, Pr>t: = nivel de significancia, R^2 = coeficiente de determinación, RCME = raíz del cuadrado medio del error, AIC = criterio de información de Akaike, BIC = criterio de información Bayesiano.

La inclusión de variables efectos mixtos mejoró la estimación de la relación *At-d* en las PFC de *S. macrophylla*, obteniendo para el modelo Monomolecular-Weber con efecto mixto del tipo de suelo aleatorio en β_1, mejorando indicadores de ajuste y un sesgo mínimo ($\overline{E}$ =0.008 m) (Cuadro 2). En la Figura 1a se observa que hay homocedasticidad de los residuales estudentizados, obteniendo una distribución alrededor de cero y una menor amplitud de los residuos con respecto a los obtenidos en el ajuste de MCNL. También se puede observar una tendencia normal en la frecuencia de los residuales (Figura 1b).

Cuadro 2. Valores estimados de los parámetros mixtos y sus estadísticos de bondad de ajuste para el modelo Monomolecular-Weber.

Modelo	Par.	Est.	SE	t-value	p-value	R^2	RCME	AIC	BIC	CV	Sesgo
[7]	β_0	33.7807	2.9934	11.2850	0.0000	0.85	1.79	19108.98	19148.24	17.93	0.008
	β_1	-0.0681	0.0036	-19.0980	0.0000						
	β_2	0.0156	0.0015	10.3162	0.0000						
	VarPower	0.9542									

Donde: Par. = parámetro, Est.= estimador, EE = Error estándar, p-value = Nivel de significancia, R^2 = Coeficiente de determinación, RCME = raíz del cuadrado medio del error, AIC = Criterio de Información de Akaike, BIC = Criterio de Información Bayesiano, CV = coeficiente de variación.

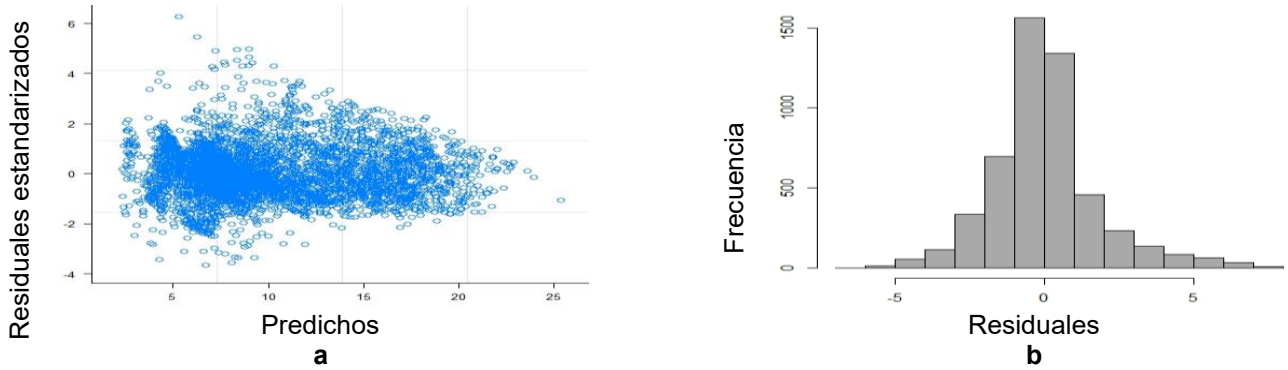


Figura 1. Distribución homocedástica de los residuales (a) y frecuencia de los residuos del ajuste por MEM del modelo Monomolecular-Weber.

La ecuación de efectos mixtos obtenida es: $At = 1.3 + 33.7807(1 - e^{(-0.0681-0.0156d)})$ y en la Figura 2 se observa la dispersión de datos observados y la tendencia de la predicción promedio y sus límites de confianza al 95%

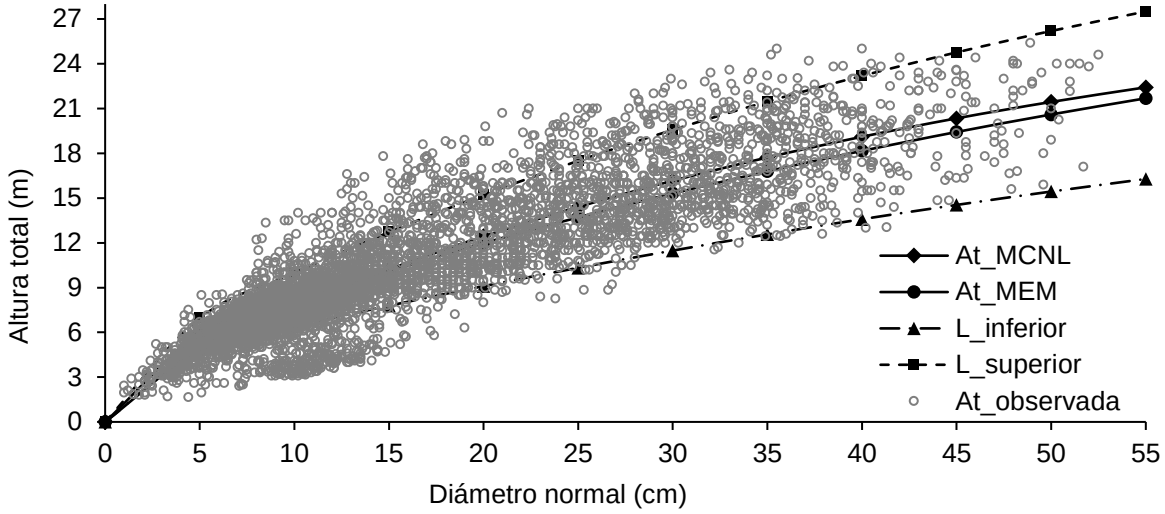


Figura 2. Dispersión de datos observados y tendencia de estimación de *At-d* para *Swietenia macrophylla* King en Quintana Roo, México (At= Altura total (m), MCNL= Mínimos cuadrado no lineales, MEM=modelos de efectos mixtos, L=límite).

Conclusiones

Con los modelos de efectos mixtos no se mejoraron en gran medida los estimadores de ajuste, ya que, incrementaron el R^2 en un 4.2% y en el AIC y BIC en 11.4% y 11.3%, respectivamente.

La calibración de los modelos permite estimar parámetros aleatorios específicos de cada unidad experimental y así obtener una mejor predicción.

Este tipo de herramientas silvícolas cuantitativas pueden ser incluidas de forma confiable dentro del levantamiento de información en un inventario forestal para la elaboración de los programas de manejo en las PFC de esta especie.

Referencias bibliográficas

Barrio Anta, M, J.G. Álvarez González, I. J. Díaz-Maroto y C. A. López Sánchez. (2004). Relación altura diámetro generalizada para Quercus rubur L. en Galicia. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 18:141-146.

Liu M, Feng Z, Zhang Z, Ma C, Wang M, Lian B-l, et al. (2017). Development and evaluation of height diameter at breast models for native Chinese Metasequoia. PLoS ONE 12(8): DOI: 10.1371/journal.pone.0182170

Pennington, D. y J. Sarukhán. (2016). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Fondo de Cultura Económica. Cd. México. 523 p.

Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., & R Core Team. (2019). Linear and Nonlinear Mixed Effects Models [R package nlme version 3.1-137]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html

Santiago-García, W., Jacinto-Salinas, A.H., Rodríguez-Ortiz, G., Nava-Nava, A., Santiago-García, E., Ángeles-Pérez, G., & Enríquez-del Valle, J.R. (2020). Generalized height-diameter models for five pine species at Southern Mexico, Forest Science and Technology.

CALIDAD DE PLANTA DE *Pinus greggii Engelm.,* PRODUCIDA PARA LOS PROGRAMAS DE REFORESTACIÓN EN EL ESTADO DE MÉXICO

Anayetzi Badillo-Hernández[1], Yenifer Eliseo-Quintero[1], Tomás Pineda-Ojeda[2], Fabián Islas-Gutierréz[2*]
[1] Estudiante División Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, [2]C. E. Valle de México-INIFAP

* Autor para correspondencia: islas.fabian@inifap.gob.mx

Palabras clave. Restauración forestal, supervivencia de plantaciones, pino prieto.

Introducción

Entre los factores que influyen a tener alto porcentaje de supervivencia de las plantaciones con fines de reforestación se encuentra la calidad de la planta que es producida en los viveros. Conocer la calidad morfológica del material que va a ser utilizado en campo es importante debido a que afecta directamente su supervivencia y crecimiento, principalmente cuando los sitios de plantación se caracterizan por tener suelos pobres, pedregosos, erosionados y someros (Sosa-Pérez y Rodríguez-Trejo, 2003).

El Estado de México presenta grandes superficies forestales que deben ser protegidas o restauradas, sobre todo las que están cercanas a los grandes centros urbanos. La Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) es la institución del Gobierno del Estado de México que tiene como objetivo lograr el desarrollo forestal sustentable de la Entidad. Entre sus muchas responsabilidades está la producción de la planta que se utiliza en los trabajos de reforestación.

Año con año se destina una gran cantidad de recursos financieros y humanos para establecer plantaciones para recuperación de áreas degradadas. Si bien esto significa una derrama económica para las personas que trabajan en las actividades de reforestación, los porcentajes de supervivencia no superan el 60% (Prieto et al., 2016).

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad morfológica de la planta que se está produciendo para los programas de reforestación en un vivero de PROBOSQUE.
Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad morfológica de un lote de plantas de *Pinus greggii* Engelm., producida en un vivero forestal del Estado de México que se utilizarían en una plantación con fines de investigación.

Materiales y métodos

De un lote de 350 plantas, se obtuvo una muestra aleatoria de 18 brinzales con 18 meses de edad, producidos en bolsa de polietileno negro de 10x24 cm, para la temporada de reforestación 2023, en el Vivero Forestal Héroes Bicentenario de PROBOSQUE. Los brinzales fueron llevados, debidamente protegidos para evitar deshidratación, al Laboratorio de Calidad de Planta de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, donde se realizó el análisis de calidad.

La medición del diámetro de cuello (mm) se realizó con vernier digital marca Steren y la altura (cm) con una regla graduada al milímetro. Con agua corriente de la llave se realizó el lavado de la raíz para eliminar el sustrato. Cada brinzal fue separado en tres partes (raíz, tallo, y acículas). Cada parte se pesó con una báscula de precisión (Ohaus Navigator N14120), posteriormente se colocaron en bolsas de papel estraza con las etiquetas correspondientes al número de brinzal. Las bolsas se colocaron en la estufa de secado marca Thermoconcept KTL a una temperatura de 65°C. Se registró el peso de las secciones cada 24 horas hasta obtener peso seco constante a las 96 horas. Finalmente, se calculó la calidad de planta utilizando los índices listados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Índices de calidad de planta utilizados

ÍNDICE	ECUACIÓN
Esbeltez (IE)	*IE = Altura (cm) / Diámetro (mm)*
Dickson (ICD)	$ICD = \frac{Peso\ seco\ total\ (g)}{\frac{Altura\ (cm)}{Diámetro\ (mm)} + \frac{Peso\ seco\ parte\ aérea\ (g)}{Peso\ seco\ raíz\ (g)}}$
Peso seco aéreo / peso seco raíz (PSA:PSR)	$PSA{:}\,PSR = \frac{Peso\ seco\ de\ acículas\ (g) + peso\ seco\ de\ tallo\ (g)}{Peso\ seco\ de\ raíz\ (g)}$

Resultados y discusión

Los brinzales presentaron un rango de alturas entre 33.3 y 45.4, con promedio de 39.9 y desviación estándar 3.39. Mientras que el diámetro del cuello se ubicó entre 2.5 y 7.7 mm con promedio de 4.8 y desviación estándar 1.14 (Cuadro 2). Si bien los valores de diámetro de cuello son aceptables, los de altura son superiores a lo deseado para tener un balance adecuado con la parte radicular, como se observa al comparar los valores de peso seco. Al respecto, la Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2014 para la certificación de viveros, menciona de 25 a 30 cm, para esta especie. Resalta el hecho de que el coeficiente de variación de la altura es muy cercano a cero, indicando la homogeneidad de esta variable.

Cuadro 2. Valores de las variables medidas a la muestra de brinzales.

VARIABLE	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	C. V.	DESV. EST.
Altura (cm)	33.3	45.4	39.9	0.08	3.39
Diámetro del cuello (mm)	2.5	7.7	4.8	0.24	1.14
Peso seco tallo (gr)	2.74	7.96	5.39	0.21	1.15
Peso seco acículas (gr)	5.74	12.50	9.04	0.25	2.25
Peso seco raíz (gr)	1.12	3.34	2.25	0.32	0.71

En el Cuadro 3 se muestran las estadísticas de los tres índices de calidad utilizados en este estudio.

Cuadro 3. Valores de calidad de planta para los tres índices.

ÍNDICE	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO	C. V.
Esbeltez	5.61	14.28	8.66	0.24
Dickson	0.23	0.84	0.51	0.32
Peso seco aéreo/peso seco raíz	3.80	6.34	4.57	0.15

El Índice de Esbeltez (IE) penaliza la desproporción entre la altura y el diámetro. Para el caso de coníferas es recomendable que los valores sean <6, debido a que cuando los brinzales tienen valores más pequeños se les considera más robustos y con una mejor adaptación para minimizar los daños físicos que pueda sufrir durante la manipulación o por la fauna (Aldrete et al., 2023). Si bien, los resultados indican un

promedio de 8.66 para este índice, se debe reconocer que el Pinus greggii tiende a mostrar una elongación rápida del tallo, por lo que es normal que el IE sea alto.

Para el caso del Índice de Dickson, se considera que, a mayor valor, el brinzal es de mayor calidad (Aldrete et al., 2023). Prieto y Sáenz (2011), propusieron 3 categorías para este índice: ≥ 0.50 (calidad alta); 0.20-0.49 (calidad media) y <0.20 (calidad baja). Considerando esas categorías, el valor promedio de 0.51 indica que los brinzales presentan calidad alta, aunque el valor promedio está cerca del límite inferior pudiendo ser calidad media al considerar el coeficiente de variación.

Finalmente, la relación peso seco aérea: peso seco raíz penaliza la desproporción entre ellos. Una buena relación debe fluctuar entre 1.5 y 2.5, las relaciones mayores a 2.5 indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea del brinzal (Prieto-Ruiz et al., 2009). Para el caso de estudio, los resultados indican que los brinzales presentan desproporción con valores promedio de 4.57. Es decir, la parte radical podría ser insuficiente para proveer de agua a la parte aérea de la planta, en el caso de ser plantada en lugares con problemas de disponibilidad de agua.

Conclusiones

La altura de los brinzales está por arriba de lo recomendado en la literatura. Considerando el índice de esbeltez y la relación peso seco aéreo/peso seco raíz, los brinzales tienen baja calidad; mientras que con el índice de Dickson los brinzales presentan calidad alta, aunque muy cerca de calidad media. Los valores obtenidos de este lote de producción sugieren que la planta se destine a sitios que no presenten condiciones adversas (baja precipitación o presencia de ganado) debido a que es poco robusta y presenta una desproporción entre la parte aérea y la raíz, lo que puede ocasionar problemas de abasto de agua y nutrientes por parte de la raíz hacia la parte aérea, lo que podría dificultar su establecimiento en campo y tener bajos porcentajes de supervivencia.

Agradecimiento

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por financiar el proyecto de investigación: “Incremento de sobrevivencia y crecimiento inicial, en plantaciones con fines de recuperación, mediante la aplicación de antitranspirantes en especies del género *Pinus*”.

Referencias bibliográficas

Aldrete, A., Sánchez, V. J. R., Aguilera, R. M., & Rodríguez, T. D. A. (2023). Calidad de planta en viveros forestales. En: Aldrete, A., Sánchez, V. J. R., Aguilera, R. M., Cibrián, T. D. & García, D. S. E. (Eds). Manual de buenas prácticas para el manejo de la salud de planta en viveros forestales (19-40). Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México, México.

Prieto-Ruíz, J. A., García-Rodríguez, J. L., Mejía-Bojórquez, J. M., Huchín-Alarcón, S. y Aguilar-Vitela, J. L. (2009). Producción de planta del género Pinus en vivero en clima templado frío. (Publicación Especial Núm. 28). INIFAP, Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Valle del Guadiana.

Prieto R., J. A. y Sáenz R. J. T. (2011). Indicadores de calidad de planta en los viveros forestales de la sierra madre occidental. INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Durango, México. Libro técnico Núm. 3. 210 p.

Prieto R., J. A., Aldrete, A., Sánchez V., J. R. y Hernández D., J. C. (2016) Antecedentes sobre la reforestación en México. In. Prieto R., J.A. y J. R. Goche T. (comps). Las reforestaciones en México. Problemática y alternativas de solución. Colección de Investigadores de la UJED. Editorial UJED. Durango, México. pp. 13-26.

Sosa-Pérez, G. y Rodríguez-Trejo, D. A. (2003). Efecto de la Calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de Pinus patula en un área quemada. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 9(1), 34-43. https://www.redalyc.org/pdf/629/62990104.pdf

INDICADORES REPRODUCTIVOS DE ÁRBOLES DE *Pinus oocarpa* Schiede *ex* Schldtl. CON DIFERENTE PRODUCCIÓN DE RESINA

Yanet Melisa Santos-Torres[1]*, Mario Valerio Velasco-García[2], Martín Gómez-Cárdenas[3], Carlos Ramírez-Herrera[1], Miguel Ángel López-López[1], Víctor Manuel Cetina-Alcalá[1]

[1]Colegio de postgraduados [2]Cenid Comef, INIFAP; [3]CIRPAC, INIFAP.

*Autora para correspondencia: yanesantos33@gmail.com

Palabras clave: eficiencia de semillas, eficiencia reproductiva, índice de endogamia.

Introducción

Pinus oocarpa Schiede *ex* Schldtl. es el pino más común en México y se destaca por su alta producción de resina, lo que sugiere su relevancia económica y ecológica (Fabián-Plesníková e*t al*., 2022). Michoacán es el principal estado productor de resina en México; varias comunidades de este estado dependen económicamente de esta actividad (Reyes *et al*., 2019). La extracción de resina no causa la mortalidad de los árboles, por lo que se considera de bajo impacto ecológico, sin embargo, su extracción excesiva puede afectar los procesos fisiológicos, lo que puede alterar los procesos biológicos y modificar la estructura del ecosistema forestal. Se desconocen detalles sobre los procesos ecológicos y fisiológicos que regulan la producción de resina en *P. oocarpa* y es posible que la resinación excesiva afecte a las funciones vitales del árbol como la reproducción (Reyes e*t al*., 2019). En *Boswellia papyrifera*, la reducción de la producción de semillas viables y regeneración deficiente se asoció con altos niveles de resinación (Rijkers *et al*., 2006). En caso de los pinos resineros mexicanos, no se ha investigado si la intensidad de resinación afecta la función reproductiva, considerando que la síntesis, producción, transporte y mantenimiento de resina implican elevados costos metabólicos y de recursos (Zevgolis *et al*., 2022). Por lo anterior, es importante profundizar en el estudio de cómo la extracción de resina afecta los indicadores reproductivos de *P. oocarpa* con el fin de promover prácticas que garanticen la sostenibilidad de esta actividad y la conservación de la especie

Objetivo

Determinar las diferencias en indicadores reproductivos y caracteres morfológicos de conos y semillas entre de árboles de *P. oocarpa* con diferente nivel de producción de resina; con la hipótesis de que la alta producción de resina tiene efectos negativos en los indicadores reproductivos debido a la mayor asignación de recursos y energía para la producción de resina.

Materiales y métodos

Selección de árboles. En 2019, se seleccionaron quince árboles de *P. oocarpa* con alta productividad de resina (APR) en Rancho Las Cañas, Ario, Michoacán. Estos árboles se ubican entre 19°5.730' a 19°6.140' LN, y 101°45.487' a 101°46.152' LO, en altitudes de 1 411 a 1 512 m, con temperatura media anual de 25ºC y 716.6 mm de precipitación media anual. La selección se realizó mediante el criterio de mérito propio (Reyes *et al*., 2019), asegurando la separación mínima de 100 m entre árboles para prevenir la endogamia. En febrero de 2025, dentro de un radio de 50 m, alrededor de cada árbol APR, se eligieron dos árboles adicionales, uno con baja producción de resina (BPR) y otro sin resinación (SPR), para un total de 45 árboles.

Recolección y análisis de conos. En febrero de 2025, mediante asenso con equipo de escalado, se recolectaron entre 10 y 40 conos sanos y maduros por árbol, los cuales se almacenaron en bolsas de tela, etiquetadas con la fecha de recolecta, número y grupo de árbol (APR, BPR, SPR). Los conos se trasladaron al Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados para el procesamiento. Veinte conos se seleccionaron aleatoriamente para el análisis y en árboles que tuvieron menos conos, todos estos fueron analizados. A cada cono se le midieron la longitud (mm) y el diámetro (mm) utilizando un vernier digital. Además, se contó el número de escamas fértiles (parte media del cono) e infértiles (partes superior e inferior del cono) (Velasco *et al*., 2004). Los conos, clasificados por árbol, se colocaron al sol directo para favorecer la apertura de las escamas y, posteriormente, a la extracción de semillas. En cada cono se determinó el número de óvulos abortados, semillas llenas, semillas vanas, abortadas y dañadas. Las semillas dañadas

y abortadas fueron separadas manualmente. Para diferenciar las semillas llenas de las vanas, se utilizó un ventilador de mano con una velocidad de rotación de 30 rpm.
Después de extraer las semillas, los conos se colocaron en una estufa de secado Shel Lab a 70 °C durante 48 horas. El peso seco de cada cono y el peso de semilla llena por cono se obtuvieron con una balanza digital OHAUS con precisión a miligramos. Se determinó la proporción de semillas abortadas, llenas, vanas, dañadas, y el potencial de semillas (PS= escamas fértiles x 2). La eficiencia de semillas fue igual al producto de multiplicar las semillas llenas × 100 / PS. La eficiencia reproductiva (ER) se calculó como el peso de semillas llenas dividido entre el peso del cono. El índice de endogamia (IE) fue la proporción de semillas vanas respecto al total de semillas desarrolladas.
Análisis estadístico: Se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Ninguna variable cumplió con ambos supuestos; por tanto, los análisis de varianzas se realizaron con modelos lineales modelos lineales mixtos generalizados con el procedimiento GLIMMIX de SAS, ajustados por máxima verosimilitud, se seleccionaron los mejores modelos según AIC y BIC. Las variables longitud y diámetro de cono, número de escamas fértiles e infértiles, peso seco del cono, y semilla, potencial de semillas y eficiencia reproductiva se modelaron bajo la distribución normal con enlace de identidad; los porcentajes de semilla desarrollada, óvulos abortados, semilla llena, la eficiencia de semillas e índice de endogamia se modelaron con la distribución beta con enlace logit; el porcentaje de semillas dañadas se modeló con la distribución gamma y enlace de identidad. Los modelos incluyeron el efecto del grupo de árboles y el factor árbol anidado dentro del grupo. Las comparaciones múltiples entre grupos de árboles se realizaron con medias ajustadas y corrección de Tukey-Kramer (α=0.05).

Resultados y discusión

Todos los indicadores reproductivos de *Pinus oocarpa* presentaron diferencias significativas ($p<0.0001$) entre árboles de diferente nivel de productividad de resina; excepto el número de escamas fértiles, el potencial de semillas y porcentaje de semillas dañas o plagadas ($p\geq0.4544$).
Los árboles con alta producción de resina (APR) tuvieron conos de mayor longitud y diámetro, semillas más pesadas, mayor porcentaje de semillas desarrolladas y valores superiores en eficiencia de semillas y eficiencia reproductiva. Además, presentaron menor porcentaje de óvulos abortivos y menor número de escamas infértiles (Cuadros 1 y 2). Sin embargo, evidenciaron menor porcentaje de semillas llenas, alto porcentaje de semillas vanas y mayor índice de endogamia en comparación con los árboles de baja o sin producción de resina (Cuadro 2).

Cuadro 1. Valores promedios con comparación de medias de variables morfológicas de conos y semillas por grupo de árboles de *Pinus oocarpa.*

Grupo	Longitud de cono (mm)	Diámetro de cono (mm)	Peso seco del cono (g)	Número de escamas fértiles	Número de escamas infértiles	Peso de una semilla (mg)	Óvulos abortivos (%)
APR	64.6 a	50.9 a	46.6 b	82.2 a	27.2 b	25.8 a	75.4 a
BPR	65.5 b	50.5 a	46.6 a	82.9 a	27.8 a	22.9 b	78.0 b
SPR	62.0 c	46.1 b	37.8 c	84.5 a	27.0 b	24.3 a	83.4 c

Los árboles sin (SPR) y con baja (BPR) producción de resina tuvieron menor porcentaje se semillas vanas, mayor porcentaje de semillas llenas y menor índice de endogamia. Los árboles sin producción presentaron resultados similares a los árboles de alta producción en cuanto al número de escamas infértiles, peso de semilla y eficiencia reproductiva; sin embargo, se destacaron por presentar menores valores de longitud y diámetro de conos, peso de semillas, porcentaje de semilla desarrollada y eficiencia de semillas, así como mayor porcentaje de óvulos abortivos. Los árboles con baja producción presentaron el mayor peso de conos, valores intermedios de longitud de cono, óvulos abortivos y porcentaje de semilla desarrollada; su eficiencia de semillas y diámetro de cono fue alto e igual al de los árboles sin producción de resina; mientras que presentó el valor más bajo de peso de semillas, mayor número de escamas infértiles y la eficiencia reproductiva más baja (Cuadro 1 y 2).
En general, el número de escamas fértiles e infértiles y el potencial de semillas de los tres grupos de árboles fue similar al de árboles superiores resineros de *P. oocarpa* seleccionados en San Gabriel Cuentla, Estado de México; mientras que, los valores de peso seco del cono, semillas desarrolladas y la eficiencia de

semillas fueron menores; por el contrario, el índice de endogamia, la proporción de semillas vanas y llenas fueron mayores con lo señalado por Velasco *et al*. (2024) para la misma especie. Lo anterior sugiere que la población de *P. oocarpa* donde se llevó a cabo este estudio, en general presentan deficiencias reproductivas, lo cual se agudiza en árboles de alta producción de resina considerando el índice de endogamia con valores más altos (0.43).

Cuadro 2. Valores promedios y comparación de medias de indicadores reproductivos de tres grupos de árboles de *Pinus oocarpa*.

Grupo	Potencial de semillas	Porcentaje de semilla				Eficiencia de semillas (%)	Eficiencia reproductiva (%)	Índice de endogamia
		Desarrollada	Llena	Dañada	Vana			
APR	165 a	24.6 a	56.1 b	0.93 a	43.0 b	14.8 a	13.2 a	0.43 a
BPR	166 a	22.0 b	59.8 a	1.33 a	38.9 a	12.8 a	10.4 b	0.39 b
SPR	169 a	16.6 c	64.7 a	1.16 a	34.1 a	11.0 b	11.9 a	0.34 b

Aunque se rechaza la hipótesis para varios indicadores reproductivos y caracteres morfológicos de conos y semillas, el bajo porcentaje de semilla llena, alto porcentaje de semilla vana y alto índice de endogamia en árboles con alta producción de resina, sugieren que el alto costo energético asignado a la producción de resina afecta estos indicadores reproductivos esenciales. No se tiene conocimiento sobre el efecto de la resinación en coníferas, en cambio, en *B. papyrifera* la resinación limita la producción de flores, frutos y semillas, reduce el tamaño, peso y germinación de las semillas debido a la competencia por carbohidratos entre la resinación y el desarrollo reproductivo (Rijkers *et al*., 2006).

Conclusiones

La alta producción de resina en *P. oocarpa* no afecta los caracteres morfológicos ni la eficiencia reproductiva, pero reduce el porcentaje de semillas llenas, aumenta las semillas vacías y eleva el índice de endogamia. Esto sugiere que el costo metabólico de producir mucha resina puede disminuir la calidad reproductiva, poniendo en riesgo la regeneración futura de la especie.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a Víctor Gómez Arellano por permitir esta investigación en sus bosques. Así como a Sergio Cárdenas Morales, Jefry Cabrera González y Bertario Sánchez Rosales por el apoyo en la recolecta de conos. Financiado por Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo

Referencias bibliográficas

Fabián, P. I., Sáenz, R. C., Terrazas, T., Reyes, R. A., Martínez-Trujillo, M., Cruz, L. J., y Sánchez, V. N. M. (2022). Traumatic ducts size varies genetically and is positively associated to resin yield of *Pinus oocarpa* open-pollinated progenies. *Silvae Genetica*, *71*(1):10–19. https://doi.org/10.2478/sg-2022-0002

Reyes, R. A., Cruz, L. J., Martínez, P. A., Marc, L. P. C., Ambríz, P. J. E., y Sánchez, V. N. M. (2019). Caracteres ecológicos y dendrométricos que influyen en la producción de resina en *Pinus oocarpa* de Michoacán, México. *Madera y Bosques*, *25*(1), 1–13. https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511414

Rijkers, T., Ogbazghi, W., Wessel, M., y Bongers, F. (2006). The effect of tapping for frankincense on sexual reproduction in *Boswellia papyrifera. Journal of Applied Ecology*, *43*(6): 1188–1195. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01215.x

Velasco, G. S. I., Muñoz, G. L., Velasco, G. M. V. (2024). Indicadores reproductivos de árboles superiores de *Pinus oocarpa* para la producción de resina en el Estado de México., En Flores-Velázquez, R., Rojas-Díaz, E. y Reyes-Muro, L. (Comps.). Memoria de la XIV *Reunión de Nacional de Investigación Forestal*. INIFAP. Aguascalientes, Ags., México. pp: 171-173. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01215.x

Zevgolis, Y. G., Sazeides, C. I., Zannetos, S. P., Grammenou, V., Fyllas, N. M., Akriotis, T., Dimitrakopoulos, P. G., y Troumbis, A. Y. (2022). Investigating the effect of resin collection and detecting fungal infection in resin-tapped and non-tapped pine trees, using minimally invasive and non-invasive diagnostics. *Forest Ecology and Management*, *524*, 120498. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120498

PROPAGACIÓN POR SEMILLAS DE COPAL SANTO (*Bursera heliae* Rzed. & Calderón).

Juan Francisco Castellanos-Bolaños[1]*, Bertario Sánchez-Rosales[2], Adán Hernández-Hernández[1], José Rafael Contreras-Hinojosa[1].

[1]Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, CIRPAS-INIFAP; [2]Prestador de Servicios Profesionales.

*Autor para correspondencia: castellanos.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Latencia, especie endémica, resina aromática.

Introducción

En el estado de Oaxaca se ha reportado la presencia de 43 especies del género *Bursera* de las 80 registradas para México (Rzedowski y Medina, 2021), una de estas especies es *Bursera heliae* Rzed. & Calderón (copal santo), endémica de la parte centro-suroriental de Oaxaca, que abarca la porción de altitudes medias de la cuenca del Río Tehuantepec, donde prospera en elevaciones entre 850 y 1800 m, como un componente de la selva baja caducifolia.

Las poblaciones naturales *B. heliae* presentan problemas de regeneración debido a bajos porcentajes de semilla viable, además de alteraciones de su hábitat natural. Ante esta situación, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, declaró desde el año 2019 al copal santo en estatus de especie amenazada, debido a la sobreexplotación de sus poblaciones, reducción del número de ejemplares, del área de distribución y de la calidad del hábitat a causa de perturbación por las actividades humanas.

En su área de distribución natural de *B. heliae* es de importancia ecológica, económica y social. La resina de *B. heliae* es muy apreciada por las comunidades indígenas locales, se utiliza y comercializa para incienso y con fines medicinales, la madera para la elaboración de artesanías; es de interés del grupo de productores “Buin lodaan” de San Baltazar Chichicapam, Oaxaca, su rescate por medio de propagación por semillas en vivero y su plantación en sistemas agroforestales; hasta la actualidad su multiplicación ha sido complicada debido a que las semillas presentan latencia física y fisiológica, ocasionada por la presencia de una cubierta dura e impermeable lo cual impide la imbibición y embriones inmaduros que impiden que ocurra la germinación.

A pesar de su importancia, en general para los copales y en específico para *B. heliae*, la disponibilidad de información con antecedentes de reproducción por medio de semillas y vegetativa es limitada, se desconoce el proceso de desarrollo de su crecimiento en condiciones de vivero y de campo, los reportes sobre estudios publicados que evalúen el efecto de diferentes tratamientos pregerminativos en *Bursera* son escasos y con respuestas heterogéneas, aunque ellos se destacan por los bajos porcentajes de germinación (Andrés-Hernández y Espinosa-Organista, 2002; Bonfil-Sanders *et al*. 2008.).

Objetivo

Evaluar tratamientos pregerminativos en semillas del árbol copal santo (*Bursera heliae*), en condiciones de vivero.

Materiales y métodos

Origen y características de la semilla. La recolección de frutos maduros de copal santo, característicos por la presencia de un pseudoarilo color anaranjado expuesto, se realizó en la última semana de noviembre de 2024, procedente de 8 árboles semilleros aislados, dentro del territorio de San Baltazar Chichicapam, Oaxaca, localizado entre las coordenadas geográficas 16^0 44’-16^0 47’ N y 96^0 27’-96^0 31’ W, en una franja altitudinal entre los 1400 m y 1600 m. Desde la época de recolecta hasta la fecha de siembra, las semillas se resguardaron en bolsas de papel kraft, colocadas en un cuarto a temperatura ambiente (25 ^{0}C).

Con las semillas de esta procedencia, se hizo un compuesto general de donde se tomó una muestra al azar de 100 semillas para evaluar el diámetro ecuatorial (DE), el diámetro polar (DP), el coeficiente de forma (DE/DP), y se contabilizó el número de semillas por kg^{-1}; las semillas se midieron con un Vernier Pretul y se pesaron en una balanza electrónica marca Tecnocor, modelo COR-30, con precisión de ± 1 g. Además, se realizó un análisis destructivo para contabilizar de forma directa, la presencia o ausencia de embriones en 250 semillas tal como fueron recolectadas de los árboles, es decir, sin ningún tratamiento y también se analizaron por flotación en agua, otras 250 semillas, con la finalidad de contabilizar aquellas

que se hunden (llenas) y las que flotan (vanas o vacías), este tipo de semillas se desecharon en el establecimiento del experimento.

Sustrato y siembra. El sustrato que se utilizó para la siembra de las semillas, consistió de una mezcla de turba de musgo 40%, agrolita 30% y corteza molida 30%. Por cada 200 L de este sustrato se le agregó 1 kg de una mezcla de fertilizante compuesto con 15% N, 9% P_2O_5, 12% K_2O y micronutrientes en fórmula comercial. Con el sustrato indicado, se llenaron tubetes cilíndricos de plástico de 310 mL de capacidad y colocados en charolas con capacidad para 50 tubetes cada una, donde se hizo la siembra colocando una semilla por tubete a una profundidad de un centímetro.

Evaluación de variables. Se determinó el periodo de vigor, que corresponde a la cantidad de días requeridos para alcanzar el valor máximo de la tasa de germinación; además, la energía germinativa, misma que corresponde al porcentaje de germinación acumulado diario obtenido al momento en que la tasa de germinación alcanza su valor máximo; así como la capacidad de germinación que es el valor, en porcentaje, del total de semillas germinadas en el ensayo. Desde la fecha de siembra y durante los 60 días subsecuentes, se cuantificó diariamente el número de semillas germinadas, una semilla se consideró germinada cuando los cotiledones fueron visibles sobre el sustrato; en este mismo periodo se midieron diariamente la temperatura ambiental promedio, temperaturas máximas y temperaturas mínimas.

Diseño experimental y análisis estadístico. El experimento se estableció el 17 de abril de 2025, en el vivero forestal del Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca del INIFAP, el cual está cubierto con malla sombra al 50% de color blanco, tipo Rashel, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, conformado por cuatro tratamientos a las semillas (T):

T1. Testigo, consistió en remojar la semilla en agua a temperatura ambiente (promedio 20 ^{0}C) por 24 horas.

T2. Lavado más remojo, consistió en lavar la semilla con jabón líquido comercial, hasta eliminar la capa de aceite impermeable que envuelve totalmente la semilla, identificado por el cambio de coloración de la testa, de anaranjado a color crema, más remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

T3. Escarificación más remojo, consistió en disminuir el grosor de la testa de la semilla con la ayuda de una lija de papel fina realizada manualmente, más remojo en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

T4. Lavado con arena fina más remojo, consistió en lavar-escarificar la testa para eliminar la capa de aceite que envuelve la semilla, más remojo durante 96 horas (cuatro días) en agua a temperatura ambiente, con cambio de agua cada 24 horas.

Cada tratamiento estuvo conformado por cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, para un total de 1600 semillas. Para el análisis estadístico se utilizó el modelo $Yij=\mu+Ti+\mathcal{E}ij$; donde *Yij*: es el valor de la observación del *j-ésimo* tratamiento; μ: es el parámetro de escala común a todos los tratamientos, llamado media general; *Ti*: es el parámetro que mide el efecto de tratamiento y $\mathcal{E}ij$: es el error atribuible a la medición *yij*; cuando se presentaron diferencias significativas, se realizaron pruebas de medias de Tukey (α=0.05); el análisis se realizó en PROC GLM de SAS.

Resultados y discusión

El resultado del análisis de presencia o ausencia de embriones fue, el 56% de las semillas presentaron embrión y el 44% fueron semillas vacías, este porcentaje pudiera ser atribuible a que los árboles son dioicos y presentan frutos sin que haya habido fecundación de los óvulos, lo que resulta en frutos sin semillas (partenocárpicos) lo cual es frecuente en el género *Bursera* (Ramos-Ordoñez *et al*. 2012). Con respecto al análisis por flotación en agua, el 64% de las semillas se hundieron y el 36% fueron semillas flotantes.

El diámetro ecuatorial promedio de la semilla fue de 4.7 ± 0.4 mm y el diámetro polar promedio fue de 6.0 ± 0.5 mm, con un coeficiente de forma fue de 0.78, es decir tiene una forma esférica a ovoide, valores alejados de la unidad representan formas alargadas y valores cercanos a 1, forma esférica; en promedio, la especie presentó 18691 ± 841 semillas kg^{-1}, incluidas semillas llenas y vacías, valor que difiere con 9989±1768 semillas kg^{-1} reportadas por Cruz-Cortés *et al*. (2017).

Para el periodo de vigor de las semillas hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, los mejores tratamientos fueron T3 y T4, ambos dentro del primer grupo de significancia, quienes requirieron en promedio, 13 días después de la siembra para alcanzar el valor máximo de la tasa de germinación (Cuadro 1).

En lo que corresponde a la energía germinativa, el análisis estadístico mostró diferencias estadísticas significativas dependiendo del tratamiento ($p < 0.001$); de acuerdo con la prueba de medias, el mejor de ellos fue el T4, quien presentó un valor máximo de tasa de germinación acumulada diaria del 27.5% a los 13 días (Cuadro 1).

Para la capacidad de germinación, el análisis estadístico mostró diferencias estadísticas significativas dependiendo del tratamiento (p <0.001); de acuerdo con la prueba de medias, el mejor de ellos fue el T4 con el 40.7% (Cuadro 1); para los T3 y T4, la germinación inició a los 8 días y finalizó a los 23 días; para el T2 la germinación inició a los 16 días y finalizó a 26 días; aunque esta información se monitoreo durante 60 días después de la siembra, ya no se presentaron cambios.

Los mejores resultados correspondientes al periodo de vigor, la energía germinativa y capacidad de germinación que presentó el T4, se atribuye al rompimiento de la latencia física al eliminar la capa impermeable de aceite que cubre la semilla y al adelgazamiento del grosor de la testa, lo que permitió la imbibición por el embrión, en cantidad suficiente, para activarlo y comenzar los procesos para el desarrollo de la planta; lo anterior se confirma también con el hecho que el tratamiento testigo no presentó germinación durante los 60 días de evaluación. Los porcentajes de germinación aquí registrados para los diferentes tratamientos, se ubicaron dentro de los rangos mencionados en otros estudios para diferentes especies del género *Bursera*, como los de Bonfil-Sanders *et al*. (2008), Andrés-Hernández y Espinosa-Organista (2002).

Las temperaturas entre el 15 de abril al 30 de junio de 2025, periodo de evaluación de germinación, fueron, temperatura diaria promedio 25 ^{0}C, temperatura máxima promedio 33 ^{0}C y la temperatura mínima promedio de 15 ^{0}C, lo cual confirma lo reportado por Andrés-Hernández y Espinosa-Organista (2002); Bonfil-Sanders *et al*. (2008) que la germinación se presenta cuando la temperatura es mayor a 25 ^{0}C.

Cuadro 1. Periodo de vigor, energía germinativa y capacidad de germinación de semillas de B*. heliae* de acuerdo con los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Periodo de vigor (Número de días)	Energía germinativa (%)	Capacidad de germinación (%)
T1. Testigo remojo 24 horas	0	0	0
T2. Lavado con jabón más remojo 24 horas	21b	9c	14c
T3. Escarificación más remojo 24 horas	13a	16.7b	30.2b
T4. Lavado con arena más remojo 96 horas	13a	27.5a	40.7a

*Los valores de medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente, Tukey ≤0.05.

Conclusiones

El potencial de capacidad de germinación de *Bursera heliae* fue del 56% al presentar embriones, el cual es modificado por los tratamientos pregerminativos.

Los valores de capacidad de germinación de las semillas de *B. heliae* en general fueron bajos, sin embargo, el tratamiento a la semilla que consistió en lavado con arena más remojo durante 96 horas (T4), fue el que presentó los mejores resultados con 40.7% de germinación.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al grupo de productores “Buin lodaan“(Gente de campo) de San Baltazar Chichicapam, Oaxaca, por el apoyo en la recolección del germoplasma y en la producción de plántulas en vivero.

Este trabajo forma parte del proyecto: “Restauración productiva agroforestal en laderas cultivadas con maguey en el estado de Oaxaca”, con financiamiento fiscal del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Andrés-Hernández A. R. y Espinosa-Organista. D. (2002). Morfología de plántulas de *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) y sus implicaciones filogenéticas. Boletín de la Sociedad Botánica de México, núm. 70, junio, 2002, pp. 5-12.

Bonfil-Sanders, C., Cajero-Lázaro, I. y Evans, R. Y. (2008). Germinación de semillas de seis especies de *Bursera* del centro de México. Agrociencia, vol. 42, núm. 7, octubre-noviembre, 2008, pp. 827-834

Cruz Cortés L., Rodríguez-Ortiz G., Enríquez del Valle J. R., López Upton J. y Velasco Velasco V. A. (2017). Frutos y semillas de *Bursera heliae* Rzed. & Calderón, endémica de Oaxaca y su relación con factores de sitio. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol. 8 (40): 89-103.

Ramos-Ordoñez M. F., Arizmendi M. del C. and J. Márquez-Guzmán. (2012). The fruit of *Bursera*: structure, maturation and parthenocarpy. AoB PLANTS: pls027; doi:10.1093/aobpla/pls027, 01-16 pp.

Rzedowski J. y R. Medina-Lemos. (2021). Clave para la identificación de las especies de *Bursera* Jacq. ex L. (*Burseraceae*) del estado de Oaxaca (México). Polibotánica. Núm. 52: 11-23.

LA SEQUÍA EN EL DESARROLLO EN ALTURA DE UN ENSAYO DE PROGENIES DE *Pinus engelmannii* CARR., EN TEMECHI, CHIHUAHUA.

Manuel Alarcón Bustamante*, José Luis García Pérez, Gabriel Sosa Pérez
CIRNOC. INIFAP. Campo Experimental La Campana.

*Autor para correspondencia: alarcon.manuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Estrés hídrico, crecimiento, *Pinus*.

Introducción.

La manifestación del cambio climático es la sequía, fenómeno natural caracterizado por la escasez prolongada de agua, manifestado principalmente por la falta de precipitación, altas temperaturas y prácticas humanas insostenibles (SEMARNAT, 2012). Sus efectos en los ecosistemas forestales van desde estrés hídrico de la vegetación, debilitamiento del arbolado y reducción de su desarrollo, aumento en la vulnerabilidad al ataque de plagas o enfermedades, incendios forestales y riesgo de degradación general. Una especie importante en el estado de Chihuahua, es *Pinus engelmannii* Carr., el cual destaca por su importancia ecológica, económica y social. Sin embargo, sus rodales naturales se redujeron significativamente tanto en superficie como en cargas genéticas y últimamente su desarrollo disminuye por efecto del cambio climático. La precipitación media anual en la estación de Cd. Guerrero (Estación 8076), municipio de Guerrero, Chihuahua es de 511.0 mm, sin embargo, este municipio estuvo en los últimos tres años, en sequía extrema (CONAGUA, 2025). En el Ejido Temechi, municipio de Guerrero, se estableció en 2017, un ensayo de progenies de *P. engelmannii*, con el propósito original de establecer fuentes de producción de germoplasma forestal con alta calidad genética, para la producción de planta de calidad destinada a los programas de reforestación. Dicho ensayo se ha evaluado desde 2021 a la fecha. En los tres últimos años se observó la disminución significativa en su desarrollo, por lo que se planteó el objetivo de evaluar la supervivencia y el incremento general en altura en función de la reducción de la precipitación, a fin de analizar su comportamiento e implementar actividades de mitigación.

Materiales y métodos.

El ensayo de progenies está ubicado en el ejido Temechi municipio de Guerrero, Chihuahua, se estableció en julio en 2017, bajo un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones donde se plantaron 23 familias seleccionadas en dos áreas semilleras: una ubicada en Babureachi, municipio de Bocoyna, (17 familias) y otra en Alto de Dolores, municipio de Madera (seis familias). La plantación se localiza en las coordenadas 28° 13´ 34.9” N y -107° 21´ 40.6” O. El sitio tiene una altitud de 2 131 m, con clima semifrío subhúmedo y temperatura media anual de 12 °C, con máximas extremas de 29 °C y mínima de -11 °C. La precipitación media anual es de 511 mm con mayor abundancia en agosto y septiembre y el tipo de suelo es regosol eútrico (Figura 1). Las variables analizadas fueron: supervivencia (%) y altura total (m), medidas anualmente al final de cada período de crecimiento; es decir en diciembre de cada año. La supervivencia se midió por familia mediante el conteo de árboles vivos, muertos en pie o desaparecidos por diversas razones, mismos que se incluyeron en la categoría de árboles muertos. El porcentaje de árboles vivos y muertos se obtuvo de la relación del número de árboles vivos y muertos divididos entre el total de árboles establecidos (Forte, 2005). Aunque se han observado árboles dañados, éstos se registran como vivos, dado que presentan rebrote, a pesar de la drástica disminución en la precipitación en los dos últimos años (2023 y 2024) Figura 2. Se realizó una medición inicial de altura en el año 2021, la cual sirvió como referencia para calcular los incrementos en las tres mediciones posteriores (2022, 2023 y 2024). Se midió con regla graduada en cm, evaluando el incremento de los verticilos de cada individuo. Los datos de precipitación de referencia se obtuvieron y promediaron de dos estaciones metereológicas más cercanas al sitio: la estación “Chopeque” municipio de Cusihuiriachi y la estación “La Junta”, municipio de Guerrero. Ambas estaciones son administradas por la Fundación Produce Chihuahua A. C. Se realizaron análisis de varianza de la supervivencia y del incremento en altura entre familias, de manera general y por área semillera (Alto Dolores y Babureachi) para los tres años consecutivos. Cuando hubo diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) se aplicaron pruebas de comparación de medias de Tukey utilizando el programa R (R Core Team, 2023).

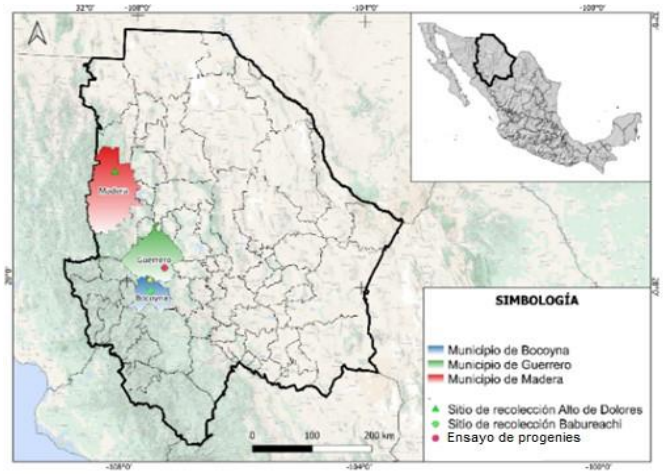


Figura 1. Localización geográfica del sitio de plantación y procedencias.

Resultados y discusión.

Supervivencia. La supervivencia general registrada fue de 97, 95 y 94%, para los años 2022, 2023 y 2024, respectivamente, sin diferencias significativas en cada año (p≥0.05) atribuibles a las progenies y a las procedencias (área semillera).

Incrementos en altura. No se encontraron diferencias significativas (p≥0.05) en el incremento en altura para las familias dentro y entre áreas semilleras. En la Figura 2, se describe el patrón general de respuesta, el cual muestra el incremento general en altura (promedio entre procedencias) y el incremento por procedencia asociada a los niveles de precipitación acumulada para los años 2022, 2023 y 2024. El incremento en altura anual fue de 50 cm, entre al año 2021 y 2022, cuando la precipitación anual en 2022 fue de 425 mm, que, aunque es menor al promedio normal (511 mm) el incremento se considera aceptable. Este incremento se mantiene en alrededor de 50 cm por año, entre 2022 y 2023, aun cuando la precipitación disminuyó drásticamente en 2023 con una precipitación anual 176 mm, es decir, solo un 41.4% de lluvia con respecto al año anterior (2022). Esto se explica, quizá, con los remanentes de humedad presentes en el suelo que puede todavía ser absorbida por el sistema radicular de los árboles, qué en el caso de la especie bajo estudio, puede sobrevivir en la zona de transición del estado de Chihuahua, dado su rango altitudinal de desarrollo. Sin embargo, el promedio de crecimiento anual disminuyó drásticamente entre el año 2023 y 2024, cuando la precipitación en 2024 fue de 151 mm o lo equivalente al 29.5% de la precipitación media anual. El incremento general en altura en este periodo fue de 35 cm. De continuar este periodo de sequía posiblemente se vea afectado no solo el desarrollo de las progenies, sino su supervivencia.

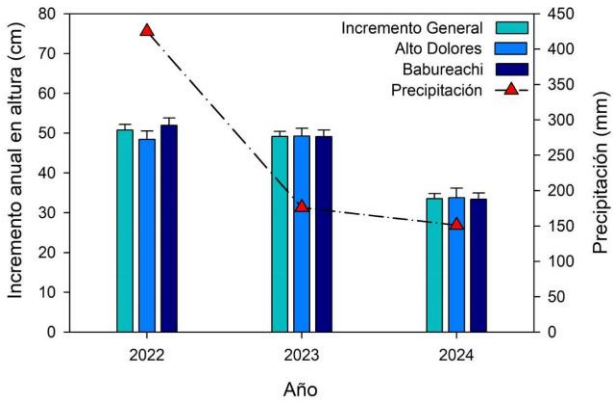


Figura 2. Incremento anual medio en altura y precipitación en los años 2022, 2022 y 2023, en el ensayo de progenies de *Pinus engelmannii* Carr.

Conclusiones

El desarrollo general del ensayo de progenies se ve severamente impactado en su crecimiento por efecto de la disminución en la precipitación. Sin embargo, tanto en condiciones de ausencia y presencia de sequía, el efecto del desempeño del ensayo en términos de supervivencia y crecimiento no ha sido atribuible a las diferentes progenies y procedencias por lo que es necesario continuar realizando evaluaciones futuras para confirmar estos patrones de respuesta.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento y a la UMAFOR 0805, San Juanito.

Referencias bibliográficas

Forte, C. R. 2005. Evaluación dasométrica de cuatro especies tropicales en una plantación experimental en Tecomán, Col., México. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. CUCBA. División de Ciencias Agronómicas. Zapopan, Jalisco, México. 81 p.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2025. Monitor de sequía de México (MSM). https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2012. La sequía en terrenos forestales de México. Seminario de información estadística y geográfica para prevenir y mitigar los efectos de la sequía e inundaciones en la población y la economía. México. 30 p.

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

VARIACIÓN DE CARACTERES DENDROMÉTRICOS EN PROCEDENCIAS DE *Pinus oocarpa* Schiede *ex* Schltdl. EN SITIOS CONTRASTANTES EN OAXACA

Jefry Cabrera-González[1]*, Mario Valerio Velasco-García[2], Oscar Gumersindo Vázquez-Cuecuecha[1], Adán Hernández-Hernández[3], Elizabeth García-Gallegos[1].

[1]CIGyA, UATx; [2]Cenid, Comef, INIFAP; [3]Cirpas, INIFAP

*Autor para correspondencia: biojeffcg@gmail.com

Palabras clave: Árboles resineros, incremento periódico, volumen de copa.

Introducción

Pinus oocarpa es la conífera de mayor distribución y producción de resina en México. En el país la producción anual de resina es menor que la demanda, lo que implica la necesidad de importar este producto no maderable desde China, Cuba y Chile. Una estrategia para aumentar la producción de resina es desarrollar programas de mejoramiento genético forestal (MGF), mediante la selección de árboles altamente productores para obtener germoplasma que garantice mayor productividad (Hernández-Hernández *et al*., 2023). Los programas de MGF comienzan con la selección de la población base y se continua con el establecimiento de huertos semilleros, donde ensayos de procedencias y progenies son imprescindibles. El INIFAP, en 2019 seleccionó árboles superiores resineros de *P. oocarpa* en poblaciones naturales de Michoacán, Estado de México y Oaxaca; en este último estado se establecieron dos ensayos de procedencias-progenies con el objeto de seleccionar fenotipos en ambientes distintos. La evaluación temprana de estos ensayos permitirá obtener información sobre el uso adecuado del germoplasma en los programas de plantaciones forestales con fines de producción de resina de pino.

Objetivo

Determinar las diferencias en variables dendrométricas entre sitios y procedencias en dos ensayos de *P. oocarpa* establecidos en Oaxaca.

Materiales y métodos

En 2019 se seleccionaron árboles superiores en producción de resina de *P. oocarpa,* seis procedencias del sur de Oaxaca (Rosario, Sesteadero, San Pedro, El Tizne, Las Tejas y el Nache), una del Estado de México (Cuentla) y una de Michoacán (Cañas) (Velasco-García *et al*., 2024) con las cuales, se establecieron dos ensayos de procedencias en Oaxaca. El sitio El Sesteadero se ubica en el municipio Putla Villa de Guerrero a 810 m s.n.m., con 2 000 mm de precipitación media anual, 23.8 °C y suelo tipo Luvisol. El sitio Monte Flor, se ubican en el municipio San Juan Tamazola a 1 900 m s.n.m., con 1 000 mm de precipitación media anual, 20.5 °C de temperatura media anual y tipo de suelo Leptosol. Los ensayos se plantaron en junio y julio de 2022, mediante diseño de 10 bloques (repeticiones) completos al azar. En enero y diciembre de 2024 se realizó la toma de datos con los cuales se obtuvieron los incrementos periódicos de diámetro basal (IPDB; cm), altura (IPA; m) y diámetro de copa (IPDC; m); además, en diciembre de 2024 se midió el de diámetro copa (DC; m), número de ramas (NR), número de verticilos (NV), rectitud de fuste (RF: 1=muy torcido, 2=torcido, 3=ligeramente torcido, 4=recto), vigor (Vi: 1=malo, 2=regular, 3=bueno, 4=excelente) y el volumen de copa (VC; m^3). Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se comprobaron con pruebas de Levene y Kolmogórov-Smirnov, respectivamente. Las variables de IPDB y IPDC cumplieron con ambos supuestos, por lo que se realizaron con ANOVA paramétrico y comparación de medias de Tukey. Las demás variables se analizaron con pruebas RT-4 y comparaciones múltiples de medias de rangos (Conover, 2012). Todos los análisis de realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.4.

Resultados y discusión

Todas las variables presentaron diferencias significativas entre los sitios ($p \leq 0.0001$). En El Sesteadero todas las variables tuvieron mayores valores en comparación con Monte Flor, excepto para la rectitud del fuste y vigor (Cuadro 1). Estas diferencias se pueden deber a las condiciones contrastantes de temperatura y precipitación, así como el tipo, textura y fertilidad del suelo; el suelo de Monte Flor es franco arenoso y por su alto nivel de erosión posee bajo contenido de N-P-K y materia orgánica (Sánchez Rosales *et al*., 2023), contrario a El Sesteadero donde la fertilidad es mayor por la menor erosión.

Cuadro 1. Valores promedios de variables dendrométricas con comparación de medias o rangos entre sitios.

SITIO	IPDB (MM)	IPA (M)	IPDC (M)	DIÁMETRO COPA (M)	VOLUMEN COPA (M^3)	NÚMERO VERTICILOS	NÚMERO RAMAS	RECTITUD DE FUSTE	VIGOR
El Sesteadero	15.36 a	0.563 a	0.41 a	1.027 a	0.651 a	4.82 a	13.39 a	2.46 b	3.4 b
Monte Flor	10.71 b	0.343 b	0.23 b	0.657 b	0.162 b	3.70 b	9.80 b	2.99 a	3.5 a

Letras distintas indican diferencias significativas entre sitios (p≤0.0001).

En el sitio El Sesteadero las variables de IPA, VC, NR y RF presentaron diferencias significativas (p<0.0001) entre procedencias; mientras que, el resto de las variables no tuvieron diferencias significativas (p≥0.0583). En cuanto al análisis entre procedencias dentro del sitio El Sesteadero, las procedencias locales y Las Tejas presentaron mayor IPA; estas junto con El Nanche también tuvieron mayores VC. Todas las procedencias, excepto Rosario y El Tizne tuvieron mayor NR; mientras que, El Nanche, San Pedro y El Tizne presentaron mayores valores de rectitud de fuste (Cuadro 2). En el sitio Monte Flor, contrario a El Sesteadero, todas las variables tuvieron diferencias significativas entre las procedencias (p<0.0001). En este sitio Las de la procedencia El Tizne y Ejido de Cañas presentaron mayores valores de IPDB, las que, junto con Sesteadero, Las Tejas y Cuentla y El Nanche presentaron los mayores valores de IPA, IPDB y DC. En cuanto al VC, NV y NR solamente la procedencia Rosario tuvo el menor valor. Todas las procedencias presentaron fustes entre ligeramente torcido a recto, excepto Sesteadero, Cuentla y Rosario, que presentaron fustes entre torcido a ligeramente torcido. El mayor vigor (cercano a excelente) lo obtuvieron Cañas, San Pedro y El Nanche (Cuadro 3).

Cuadro 2. Valores promedios de variables dendrométricas y comparación de medias o rangos entre procedencias en el sitio El Sesteadero.

Procedencia	*IPDB (mm)*	*IPA (m)*	*IPDC (m)*	*DC (m)*	*VC (m^3)*	*NV*	*NR*	*RF*	*Vigor*
Sesteadero	16.55 a	0.712 a	0.457 a	1.073 a	0.814 a	4.82 a	13.20 ab	2.3 cd	3.5 a
Las Tejas	17.63 a	0.663 a	0.490 a	1.123 a	0.759 a	5.25 a	14.31 ab	2.5 bc	3.7 a
El Nanche	14.36 a	0.533 b	0.417 a	1.051 a	0.718 ab	5.17 a	14.67 a	2.8 a	3.4 a
Rosario	15.27 a	0.558 b	0.397 a	1.004 a	0.635 bc	4.67 a	12.57 b	2.2 d	3.4 a
San Pedro	14.46 a	0.520 b	0.411 a	0.997 a	0.634 bc	4.66 a	13.03 ab	2.7 a	3.5 a
Cañas	14.58 a	0.513 b	0.430 a	1.056 a	0.622 bc	4.86 a	14.98 a	2.5 bc	3.4 a
Cuentla	17.01 a	0.502 b	0.379 a	1.000 a	0.501 c	4.63 a	13.39 ab	2.1 d	3.6 a
El Tizne	14.25 a	0.555 b	0.414 a	0.947 a	0.458 c	4.64 a	12.11 b	2.7 ab	3.5 a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre procedencias (p < 0.05).

Cuadro 3. Valores promedios de variables dendrométricas y comparación de medias o rangos entre procedencias en el sitio Monte Flor.

Procedencia	*IPDB (mm)*	*IPA (m)*	*IPDC (m)*	*DC (m)*	*VC (m^3)*	*NV*	*NR*	*RF*	*Vigor*
El Tizne	15.06 a	0.451 a	0.242 abc	0.70 ab	0.204 a	4.20 a	11.51 a	3.18 a	3.30 f
Cañas	13.78 abcd	0.488 a	0.345 a	0.75 a	0.193 a	4.18 a	11.48 a	3.17 a	3.96 a
Sesteadero	11.92 bcdef	0.399 abc	0.318 ab	0.75 a	0.193 a	4.13 a	11.58 a	2.76 cd	3.52 de
Las Tejas	11.85 cdef	0.388 abc	0.259 abc	0.66 ab	0.152 a	4.05 a	11.12 a	3.10ab	3.69 bcd
Cuetla	11.52 def	0.408 ab	0.241 abc	0.67 ab	0.155 a	3.68 ab	9.52 ab	2.73 d	3.38 ef
El Nanche	10.60 ef	0.347 bcd	0.231 bc	0.68 ab	0.202 a	3.86 a	10.67 a	3.13 a	3.76 abcd
San Pedro	10.29 fg	0.318 cd	0.226 cd	0.64 bc	0.160 a	3.66 ab	9.65 a	3.11 ab	3.79 abcd
Rosario	9.08 g	0.280 d	0.189 d	0.59 c	0.131 b	3.28 b	8.16 b	2.85 bcd	3.60 cde

Letras diferentes indican diferencias significativas entre procedencias (p < 0.05).

Resultados similares a los de este estudio para la misma especie se observaron en fase de vivero, las procedencias El Sesteadero y El Tizne presentaron mayores diámetros (Velasco-García *et al*., 2002) asimismo, la procedencia Cañas, después del primer ciclo de crecimiento, también presentó mayor diámetro basal en el sitio Monte Flor. Por el contrario, San Pedro y El Nanche tuvieron mayores valores de diámetro basal y altura después de siete meses de plantación (Hernández-Hernández *et al*., 2023); sin embargo, en esta evaluación estas procedencias tuvieron bajos valores en este sitio. La mejor respuesta de crecimiento fueron las procedencias El Tizne y Cañas, posiblemente se debe a los menores valores de la relación biomas aérea / biomasa raíz (Velasco-García *et al*., 2024), lo cual indica plantas más equilibradas y en consecuencia de mejor calidad para sitios con condiciones restrictivas.

Las diferencias entre procedencias dentro de cada sito se deben a las variaciones genéticas adaptativas relacionadas con el ambiente del sitio de origen del germoplasma (Velasco-García *et al*., 2002). La falta de diferencia entre procedencias en varios caracteres (IPDB, IPDC, DC, NV y Vi) en El Sesteadero posiblemente se debe a las mejores condiciones del sitio. Mientras que las condiciones restrictivas en Monte Flor ocasionaron mayor variación entre procedencias. La mejor respuesta de la procedencia local en el sitio El Sesteadero es de esperarse, lo cual no fue coincidente con la respuesta de Rosario y San Pedro que son las procedencias cercanas en altitud. Por el contrario, Las Tejas y El Nanche con mayor distancia altitudinal tuvieron respuestas similares a la procedencia local, lo cual demuestra la capacidad de adaptación de estas procedencias en sitios de menor elevación, más cálidos y húmedos.

Entre las variables evaluadas, el IPDB, IPA y RF son las variables más importantes para la producción maderable; por lo que, en el sitio El Sesteadero, la procedencia local y Las Tejas serían las adecuadas por su mayor IPA; en cambio, por la rectitud de fuste, El Nanche, San Pedro y El Tizne son más recomendables. En el sitio Monte Flor, El Tizne y Cañas son procedencias más adecuadas por mayor crecimiento y rectitud de fuste. Sin embargo, los árboles de estas procedencias fueron seleccionadas por su superioridad en la producción de resina, por tanto, el IPDC, DC, VC, NV y NR son las de mayor importancia por su alta correlación con la producción de resina (Velasco García *et al*., 2021). En este sentido, en el sitio El Sesteadero, la procedencia local, Las Tejas y el Nanche son más adecuadas para este fin; mientras que, en Monte Flor todas son adecuadas, excepto San Pedro y Rosario.

Conclusiones

Las condiciones ambientales de los sitios de ensayo influyen sobre las variables dendrométricas de *P. oocarpa.* En cada sitio, la respuesta de las procedencias es diferencial posiblemente por las diferencias genéticas adaptativas moldeadas por el ambiente de origen.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo es parte del proyecto del INIFAP 1218634780 “Selección fenotípica y establecimiento de Huertos Semilleros Sexuales de *Pinus oocarpa* para la producción de resina”. Se agradece a los dueños de los terrenos donde se establecieron los ensayos de los bosques donde se seleccionaron los árboles superiores; así como a Maribel Torres Niño, Yanet Melisa Torres Santos, Feliciana Martínez Aranda y Bertario Sánchez Rosales por el apoyo en la toma de datos.

Referencias bibliográficas

Hernández-Hernández, A., Velasco-García, M.V., Martínez-Aranda, F., Sánchez-Rosales, B., Gómez-Cárdenas, M. (2023). Supervivencia y crecimiento de procedencias de árboles resineros de *Pinus oocarpa* en la Mixteca, Oaxaca. En Flores-Velázquez, R., Rojas-Díaz, E. y Reyes-Muro, L. (Comps.). *Memoria de la XIII Reunión de Nacional de Investigación Forestal*. Chihuahua, México. pp: 249-251.

Conover WJ. 2012. The rank transformation—an easy and intuitive way to connect many nonparametric methods to their parametric counterparts for seamless teaching introductory statistics courses. WIREs Computational Statistic 4: 432–438.

Sánchez Rosales, B. 2023. Parámetros genéticos e interacción genotipo x ambiente en dos ensayos de progenies de *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* en la Mixteca de Oaxaca. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo.

Velasco García, M.V., Muñoz Gutiérrez, L., Gómez Cárdenas, M., Romero Sánchez, M.E. Hernández Hernández, A., Pacheco Hernández, M.L., Vallejo Reyna, M.Á. (2021). Relación entre variables dendrométricas con la producción de resina de *Pinus oocarpa* Schiede. En Rojas-Díaz, E., Bojorgues Muñoz, B., Zamora Martínez, M.C., Matías Mier, L.G., Flores-Velázquez, R. y Reyes-Muro, L. (Comps.). *Memoria de la XI Reunión de Nacional de Investigación Forestal*. INIFAP. Ciudad de México. pp: 157-159.

Velasco-García, M. V., Hernández-Hernández, A., Muñoz-Gutiérrez, L., Gómez-Cárdenas, M., Santos-Torres, Y. M., Sánchez-Rosales, B., Martínez-Aranda, F. y García-Asunción, N. (2022). Variación altitudinal del crecimiento temprano de procedencias de árboles de *Pinus oocarpa* productores de resina. En Flores-Velázquez, R., Rojas-Díaz, E. y Reyes-Muro, L. (Comps.). *Memoria de la XII Reunión de Nacional de Investigación Forestal*. INIFAP. Villa Hermosa, Tab. pp: 266-264.

PRODUCCIÓN DE PORTAINJERTOS DE *Pinus pseudostrobus* var. *Apulcensensis* PARA ESTABLECIMIENTO DE HUERTOS SEMILLEROS ASEXUALES

J. Trinidad Sáenz-Reyes[1]*, Martín Gómez-Cárdenas[1], Hipólito Jesús Muñoz-Flores[1], David Castillo-Quiroz[2], Rubén Barrera-Ramírez[1], Agustín Rueda-Sánchez[3]

[1]Campo Experimental Uruapan, INIFAP). [2]Campo Experimental Saltillo, INIFAP. [3]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP.

*Autor para correspondencia: saenz.j.trinidad@inifap.com.mx

Palabras clave: Planta patrón, Portainjertos, Huertos semilleros.

Introducción

La propagación vegetativa, también conocida como asexual, agámica o clonal, transfiere toda la diversidad genética de un individuo de alto valor a sus descendientes, permitiendo obtener copias genéticamente idénticas. En este contexto, el injerto es la técnica más empleada para producción de planta en el establecimiento de huertos semilleros asexuales y bancos clonales de especies de *Pinus,* ya que permite la multiplicación rápida de los árboles adultos con características deseables (Barrera *et al.,* 2021).

En coníferas, la producción del portainjerto o planta patrón, inicia en el primer año con la siembra de las semillas para producir las plantas, la cual se continúa con su acondicionamiento para habilitarlas como patrones, para finalmente dar paso al proceso de injertado (Ortiz y Gutiérrez, 2005). Las características y calidad de los portainjertos son clave para el éxito del injertado, ya que éste le proporcionará el agua y los nutrimentos necesarios para el crecimiento del injerto (Castro *et al.,* 2022). Sin embargo, existen pocos estudios disponibles sobre las técnicas de producción de portainjertos en especies de pino.

El objetivo fue evaluar sustratos y la frecuencia de aplicación de biofertilizante líquido compuesto, para la producción de planta portainjerto de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis.*

Materiales y métodos

El área de estudio fue en el vivero forestal del Campo Experimental Uruapan, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); se localiza en las coordenadas 19° 24’ 25.55’’ Latitud norte y 102° 03’ 05.37’’ Longitud Oeste y a 1,619 msnm; el clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano del tipo (A)C(W_2)(W), con temperatura media anual de 23.8°C y la del mes más frío de 5.4°C en el mes de enero; la precipitación media anual es de 1600.8 mm y el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5 (Anguiano *et al.*, 2003).

La producción de planta portainjerto para el establecimiento de huertos semilleros asexuales de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, se realizó bajo condiciones de vivero, primero en charolas y posteriormente en bolsas de polietileno. La semilla se recolectó de árboles selectos en rodales naturales de Santiago Comaltepec, Oaxaca, la que fue trasladada en costales, secado de conos al aire libre y su beneficio consistió en la eliminación de impurezas y semilla vana de forma manual, seguido de flotamiento en agua con Captán Ultra 50® (1.0 g/1.0 L de agua) durante 60 min y secado inmediato. Previo a la siembra, se realizó un remojo, seguido de 24 horas en el fungicida Captán 50® a dosis de 1 g/L para prevenir la contaminación por hongos. La siembra de la semilla fue en charolas con contenedores con54 tubetes de plástico rígido de color negro y con capacidad de 310 m, con un sustrato compuesto por la mezcla de turba, vermiculita y perlita en proporción 2:1:1. La fertilización fue con Osmocote® (15-7-15+2MgO+micronutrimentos) en dosis de 3 kg m^3 de sustrato.

Ocho meses después de la siembra, se realizó el trasplante a bolsas de polietileno negro calibre 400 con capacidad de 5.2 L, donde se evaluaron sustratos conformados con corteza molida de pino, mantillo y arena (más la adición de 3 kg de multicote® por m^3 de sustrato) y la frecuencia de la aplicación de 100 ml

por planta de biofertilizante líquido compuesto al 10%, durante 6 meses (más 4 meses estuvieron en mantenimiento). Bajo un diseño experimental completamente al azar, con 8 repeticiones y 3 plantas como unidad experimental, se evaluaron los tratamientos que se muestran en el Cuadro 1. Con los datos de incrementos en altura y diámetro basal, se realizó la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk p= 0.05); el análisis estadístico con el programa R versión 3.4.3 (R Core Team, 2017) y la comparación de medias con la prueba de rango múltiple de Duncan (α=0.05).

Cuadro 1. Tratamientos probados en la producción de planta portainjerto para el establecimiento de huertos semilleros asexuales de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis.*

Tratamiento No.	Corteza molida de pino (%)	Mantillo (%)	Arena (%)	Multicote (kg m^3 de sustrato)	Frecuencia de aplicación de biofertilizante líquido compuesto (días)
1	70	15	15	3	0
2	70	15	15	3	15
3	70	15	15	3	30
4	50	25	25	3	0
5	50	25	25	3	15
6	50	25	25	3	30

Resultados y discusión

Las plantas producidas en la fase producción en contenedor (ocho meses) alcanzaron valores en altura de 20.46 a 24.96 cm y en diámetro basal de 3.90 a 4.59 mm. Con los datos finales (18 meses) de altura (cm) y diámetro basal (mm), la prueba de Shapiro-Wilk indicó que se ajustan a una distribución normal (W = 0.9159, p-value = 0.083) y los análisis de varianza indicaron que con altura no existe diferencia significativa (Figura 1), pero con diámetro basal, sí hay diferencia significativa, es decir, que hubo diferencia por el efecto del tipo de sustrato y la frecuencia de la aplicación de biofertilizante líquido compuesto (Figura 2).

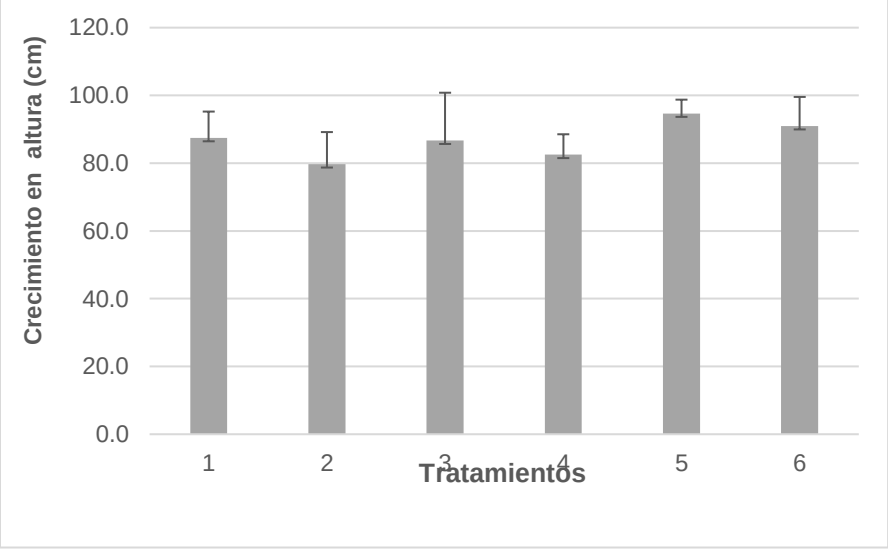


Figura 1. Crecimiento en altura por efecto de sustratos y biofertilizante líquido compuesto, para la producción de planta portainjerto de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis.*

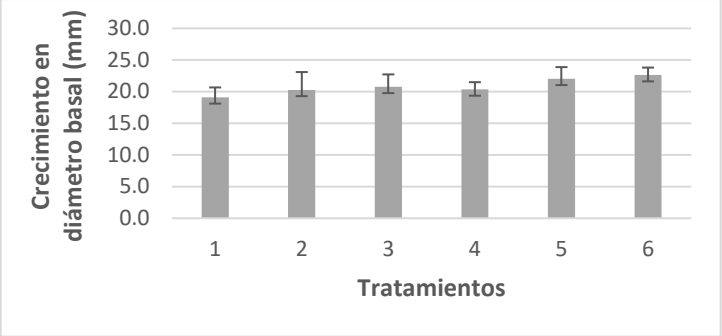


Figura 2. Crecimiento en diámetro basal por efecto de sustratos y biofertilizante líquido compuesto, para la producción de planta portainjerto de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis.*

El mejor tratamiento fue el No. 6, que incluyó el sustrato compuesto con corteza molida de pino (50%), mantillo (25%) y arena (25%) más la adición de 3 kg de multicote® por m^3 de sustrato y la aplicación cada 30 días de 100 ml $planta^{-1}$ de biofertilizante líquido compuesto al 10 %, durante 6 meses. Incluyendo 4 meses más de mantenimiento en el vivero, las plantas portainjerto alcanzaron una altura promedio de 91 cm (rango 78.67 a 101.33) y diámetro basal promedio de 22.6 mm (rango 20.73 a 23.77 mm), medidas adecuadas para realizar el injerto. Estos valores son superiores a los reportados por González (2023) en portainjertos de *P. patula (*60 cm de altura y 8.1 mm de diámetro basal), logrados a la misma edad, con el trasplante en envases de plástico de 1 L con un sustrato compuesto con musgo, perlita y vermiculita (60, 20 y 2 %, respectivamente), adicionado con 8 g L^{-1} del fertilizante multicote®.

Conclusiones

La planta portainjerto de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, se logra con la germinación de la semilla en contenedores con un sustrato compuesto por turba, vermiculita y perlita en proporción 2:1:1; después de ocho meses, la planta es trasplantada a bolsa de polietileno negro con capacidad de 5.2 L en sustrato compuesto por corteza molida de pino (50%), mantillo (25 %) y arena (25%) con la adición de 3 kg de Multicote®/m^3 de sustrato, más la aplicación cada 30 días de 100 ml/planta de biofertilizante líquido compuesto al 10 %, durante 6 meses.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (CONAFOR-CONACyT), por el financiamiento del Proyecto: “Establecimiento de huertos semilleros regionales y ensayos de progenie de *Pinus pseudostrobus* para la evaluación genética de los progenitores”, del cual formó parte este trabajo.

Referencias bibliográficas

Barrera R. R., Vargas H. J. J., López A. R., Muñoz F. H. J., Treviño G. J. E. y Aguirre C. O. A. 2021. Impact of external and internal factors on successful grafting of *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov) Harrison. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 27(2): 243-256.

Castro G. S. L., Villegas M. A., López U. J., Sandoval V. M. y Arévalo G. L. 2022. Effective protocol increase the percentage of grafting success of *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* Donahue. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 28(2): 225-240.

González J. B. 2023. Clonación por injerto de *Pinus patula* Schiede Ex Schltdl. Et Cham. Tesis Doctoral. Postgrado en Ciencia Forestales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 103 P.

Ortiz N. O. y Gutiérrez C. B. 2005. Macropropagación vegetativa de raulí (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst): Injertación y enraizamiento de estacas. *En*: Gutiérrez B., Ortiz, O. y Molina, M. P. (Eds.). Clonación de raulí: estado actual y perspectivas. CEFOR-INFOR-UACH. Chile. pp. 19-40.

R Core Team. 2017. R project 4.3.4. https://www.r-project.org/

ECUACIONES ADITIVAS DE BIOMASA AÉREA PARA *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. EN EL SUR DE YUCATÁN

Martín Aquino-Ramírez[1]*, Julio Cesar Ríos-Saucedo[2], Rolando Misael Tlaxcala-Méndez[3], Carlos Alberto Martínez-Márquez[3], Jerónimo Sepúlveda-Vázquez[1]

[1]INIFAP CIR-Sureste Campo Experimental Edzná;[2]INIFAP CIR-Norte Centro Campo Experimental Valle del Guadiana, [3]INIFAP CIR-Golfo Centro Campo Experimental El Palmar.

*Autor para correspondencia: martin.aquino.forestal@gmail.com

Palabras clave: leguminosa, tzalam, bosque tropical.

Introducción

La biomasa forestal es uno de los indicadores básicos para la medición del carbono almacenado, especialmente a nivel de árbol. Por lo tanto, estimar la biomasa de los bosques con precisión es fundamental para evaluar la función ecológica, lo que permite tomar medidas proactivas contra el cambio climático e informar el desarrollo de políticas para mejorar el medio ambiente. Frecuentemente para estimar la biomasa a nivel de árbol se han empleado ecuaciones alométricas específicas o para grupos de especies, que incorporan parámetros del árbol fácil de medir en campo como variables predictoras, por ejemplo, la altura total del árbol(m), diámetro normal (cm) y densidad específica de la madera (g cm^{-3}). En la Península de Yucatán, diferentes ecuaciones alométricas han sido generadas para grupos de especies de árboles tropicales en los estados de Quintana Roo y Yucatán. Sin embargo, la información de la distribución de biomasa hacia los componentes estructurales de los árboles tropicales es limitada. *Lysiloma latisiliquum* (L.) (Tzalam) es una especie arbórea de importancia ecológica por su dominancia y abundancia en las selvas, así como su uso para madera, leña y carbón por los pobladores del estado de Yucatán. La cuantificación de la biomasa aérea de árboles de *L. latisiliquum* permitirá determinar sus contribuciones en la captura y almacenamiento de CO_2, lo cual podrá representar un beneficio adicional para ejidos y comunidades del sur de Yucatán, bajo esquemas de pago por servicios ambientales.

Objetivo

Estimar la biomasa por componente estructural y total de *L. latisiliquum* con ecuaciones alométricas aditivas en una selva mediana subperennifolia del ejido Sudzal Chico en el sur de Yucatán, México.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el ejido Sudzal Chico, municipio de Tekax, Yucatán. En abril de 2025 se realizó un muestreo destructivo de 30 ejemplares de *L. latisiliquum,* los cuales fueron seleccionados de tal manera que abarcaran todas las categorías diamétricas del sitio de estudio. Antes del derribo, a cada árbol se le midió el diámetro normal con cinta diamétrica modelo 283D/10 Forestry Suppliers ® a una altura de 1.30 m desde el nivel del suelo, en tanto que la altura total fue medida con cinta métrica Truper ® PRO-30ME después del derribo. Los árboles extraídos fueron separados en componentes estructurales (hojas, ramas y fuste). El peso fresco total de cada componente fue obtenido en campo con una báscula digital de 500 kg (Torrey modelo PCP250), con una precisión de ± 0.5 kg. Se tomaron muestras de biomasa por componente y ejemplar para registrar su peso verde *in situ*. Todas las muestras fueron transportadas al laboratorio y secadas a 105 °C en una estufa VWR 1350 FD hasta lograr un peso constante. La biomasa de cada componente fue determinada con el factor promedio resultante de la relación peso seco/peso fresco de las muestras tomadas de cada componente y luego se multiplicó por el peso fresco correspondiente a todo el componente. La biomasa aérea total (*BAT*) de cada árbol fue obtenido sumando la biomasa del fuste (*Bf*), ramas (*Br)* y hojas (*Bh*). El modelo exponencial no lineal $y = e^{[-\beta_0+\beta_1 ln(Dn^2 AT)]} + \varepsilon$ fue seleccionado para ajustar la biomasa de cada componente estructural, donde y = la biomasa de cualquier componente estructural del árbol (kg), *Dn* = diámetro normal (cm), *AT* = altura total (m), β_0, β_1 = coeficientes de regresión a ser estimados por regresión, *e*=base de los logaritmos neperianos y ε= error aleatorio. La propiedad de aditividad se garantizó al desarrollar un sistema de ecuaciones alométricas simultáneas, en donde la *BAT* fue expresada como la suma de las ecuaciones de todos los componentes estructurales del árbol (Bi et al. 2015). Los coeficientes de las ecuaciones fueron estimados

simultáneamente empleando el Método Generalizado de Momentos (MGM) con el procedimiento PROC MODEL del programa SAS/ETS®. El desempeño de los modelos se evaluó con base en estadísticos de bondad de ajuste como el coeficiente de determinación ajustado (R^2adj), la raíz del cuadrado medio del error (RMSE, kg), el error estándar (Sx, kg) y la precisión con el sesgo promedio ($\bar{E}$, kg).

Resultados y discusión

Las características dasométricas y los valores de peso seco en los diferentes componentes estructurales de *L. latisiliquum* son presentados en el Cuadro 1. La proporción promedio de *BAT* fue de 50.77%, 47.23 % y 2% en fuste, ramas y hojas, respectivamente.

Cuadro 1. Características dasométricas y pesos secos de los componentes estructurales de los árboles derribados de *L. latisiliquum*.

Estadístico	Dn(cm)	AT(m)	Bf(kg)	Br(kg)	Bh(kg)	Bt(kg)
Mínimo	9.68	7.9	12.69	2.80	0.23	20.12
Máximo	37.20	21.5	349.74	861.80	29.95	1104.20
Media	21.72	16.20	128.82	172.22	6.98	308.02
CV	40.97	18.36	76.01	118.70	120.95	92.86

CV=coeficiente de variación (%).

El aporte relativo de las ramas (27% a 57 %) a la BAT fue mayor con el incremento del diámetro, lo que indica que los árboles invierten una mayor proporción de biomasa en ramas que la del fuste como una estrategia de crecimiento para competir con los árboles vecinos al crecer en altura y expandir el área de la copa para acceder a recursos limitantes y sombrear a sus competidores (Dimobe et al., 2018). Los parámetros estimados, el error estándar y el nivel de confiabilidad de los estimadores son presentados en el Cuadro 2, donde se observa que, en todos los casos estos estimadores son altamente significativos.

Cuadro 2. Parámetros estimados de las ecuaciones alométricas aditivas para estimar la biomasa de los componentes estructurales de *L. latisiliquum*.

Componente del árbol	Par.	Est.	E.E.	Valor t	Pr > |t|	R^2adj	RMSE	Sx	$\bar{E}$
Fuste	β_{10}	2.536084	0.5188	4.89	<.0001	0.7865	35.2	38.4	0.36
	β_{11}	0.810776	0.0604	13.43	<.0001				
Ramas	β_{20}	7.580146	0.6943	10.92	<.0001	0.8270	45.3	45.3	2.45
	β_{21}	1.371345	0.0752	18.23	<.0001				
Hojas	β_{30}	10.32381	0.9707	10.64	<.0001	0.8754	2.9	3.2	0.15
	β_{31}	1.322501	0.0980	13.49	<.0001				
Total						0.9434	50.5	53.2	2.58

Par = parámetros del modelo; Est. = valor de los parámetros estimados; E.E. = error estándar aproximado; Sx=error estándar; $\bar{E}$= sesgo promedio.

La capacidad predictiva de las ecuaciones alométricas aditivas frente a los valores observados manifestó un comportamiento muy aceptable (Figura 1). La ecuación de Bt seleccionada en este estudio muestra un excelente ajuste con un $R^2_{adj} = 0.94$ y cumple la propiedad de aditividad al estimar los componentes de los árboles y la biomasa total a través de un sistema de ecuaciones alométricas como lo sugiere Wang *et al*. (2018), teniendo un sesgo a nivel de árbol de 2.58 kg.

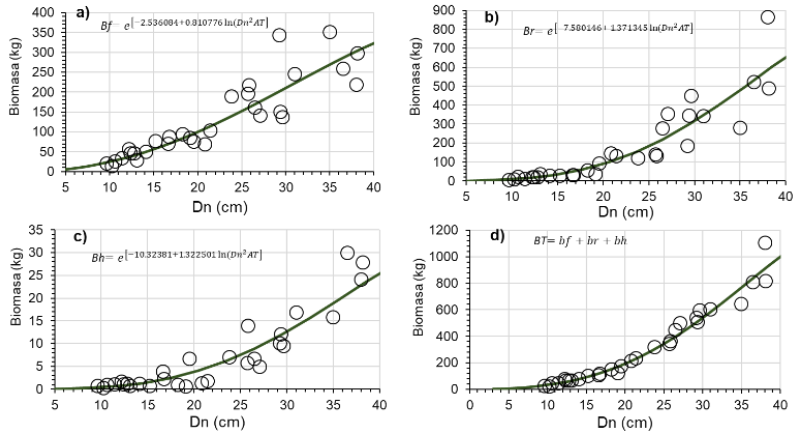


Figura 1. Valores observados de a) biomasa del fuste, b) biomasa de ramas, c) biomasa hojas y d) biomasa total versus curvas de predicción generadas a partir de las ecuaciones alométricas aditivas para *L. latisiliquum.*

Conclusiones

Las ecuaciones alométricas generadas proporciona estimaciones confiables de biomasa que garantizan la aditividad entre los componentes estructurales de *L. latisiliquum* y esto permitiría emplearlas en futuros trabajos como la gestión del pago de servicios ambientales en bosques dominados por la especie, sin la necesidad de utilizar procedimientos destructivos. Estas ecuaciones integran al diámetro normal y a la altura total como variables predictoras para cuantificar la biomasa aérea de los bosques tropicales con presencia de *L. latisiliquum*.

Fuente financiadora

El presente trabajo se realizó con financiamiento de recursos externos INIFAP a través del proyecto “Transferencia de tecnología en la producción de carbón vegetal con el horno metálico tipo CEVAG (NCPA Sudzal Chico)” con número de registro SIGI: 3-1.6-437635545-F-M.2-2.

Referencias bibliográficas

Bi, H., Murphy, S., Volkova, L., Weston, C., Fairman, T., Li, Y., Law, R., Norris, J., Lei, X., & Caccamo, G. (2015). Additive biomass equations based on complete weighing of sample trees for open eucalypt forest species in south-eastern Australia. Forest Ecology and Management, 349 (1),106-121. doi: 10.1016/j.foreco.2015.03.007

Dimobe, K., Mensah, S., Goetze, D., Ouédraogo, A., Kuyah, S., Porembski, S., & Thiombiano, A. (2018). Aboveground biomass partitioning and additive models for *Combretum glutinosum* and *Terminalia laxiflora* in West Africa. *Biomass and Bioenergy*, *115*(1), 151-159. doi: 10.1016/j.biombioe.2018.04.022

Wang, J., Zhang, L., & Feng, Z. (2018). Allometric equations for the aboveground biomass of five tree species in China using the generalized method of moments. *The Forestry Chronicle*, *94*(3), 214-220. doi: 10.5558/tfc2018-034

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO INICIAL DE *Acacia schaffneri* EN RESPUESTA AL USO DE TUBOS PROTECTORES Y OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO

José Ángel Sigala-Rodríguez[1], Perla Mirasol Rodríguez-Leyva[2], José Luis García-Pérez[3*], Erickson Basave-Villalobos[1], José Leonardo García-Rodríguez[1], José Ángel Prieto-Ruiz[2]

[1]Campo Experimental Valle del Guadiana, CIRNOC-INIFAP; [2]Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango; [3]Campo Experimental La Campana, CIRNOC-INIFAP

*Autor para correspondencia: garciap.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave. Restauración, reforestación, zonas áridas, protección de plantas.

Introducción

Las condiciones ambientales adversas en las zonas áridas y semiáridas limitan el establecimiento y arraigo de la regeneración natural y artificial de las especies vegetales, especialmente las arbóreas (Grossnickle, 2018). Ante esto, el uso de tubos protectores surge como una alternativa para reducir los daños frente al exceso de radiación, desecación por viento, y a la depredación por fauna nociva. Además, han demostrado reducir el estrés fisiológico y en consecuencia se mejora el desempeño de las plantas (Abe, 2022). En las reforestaciones de zonas áridas y semiáridas de México es frecuente construir obras de conservación de suelo y agua para reducir la erosión, incrementar la infiltración y la fertilidad del suelo en los sitios de plantación. Las barreras de piedra han demostrado favorecer la colonización natural de plantas herbáceas y arbustivas, así como el establecimiento de plantaciones forestales. En México se deforestan en promedio 208,746 ha, de las cuales el 13.51 % corresponden a ecorregiones áridas y semiáridas áridas (CONAFOR, 2024). Para contrarrestar esta problemática se han implementado programas masivos de reforestación, acompañados de obras de conservación de suelo y agua, no obstante, la supervivencia al año de plantado es menor al 52 % (Prieto & Goeche, 2016), a causa de factores como la sequía y la herbivoría, calidad de planta, entre otros. A pesar de este conocimiento en México siguen siendo limitadas las experiencias en protección de plantas en reforestaciones. El huizache chino (*Acacia schaffneri* (S. Watson) F.J. Herm.) es una leguminosa arbórea que habita en el matorral xerófilo espinoso en el centro y norte de México, es una especie fijadora de nitrógeno y aporta materia orgánica al suelo bajo su cobertura lo que la hace una especie idónea en la restauración de suelos degradados. Sin embargo, sus poblaciones naturales han sufrido una fuerte presión motivada por el aprovechamiento intensivo.

Objetivo

El objetivo fue evaluar el efecto del uso de tubos protectores en la supervivencia y crecimiento inicial de plantas de huizache chino (*Acacia schaffneri*) en terrenos semiáridos con obras de conservación de suelo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un área de agostadero del Ejido Lázaro Cárdenas (Garabitos), municipio de Durango, Durango, México (24º01’05.1” N, -104º45’53.9” O, 1 990 msnm). El sitio corresponde a una ladera con orientación sur y una pendiente del 15%. El clima es semiseco templado con lluvias en verano, con 475 mm de precipitación y temperatura media anual17°C, respectivamente. La vegetación corresponde a matorral y pastizal compuesta por especies arbustivas leñosas y diversas gramíneas. El suelo es somero (<25 cm) y pedregoso con evidencias de erosión hídrica y escasa cobertura herbácea por sobrepastoreo. En el sitio existen muros de piedra legadas de obras de conservación del suelo acordonados en curvas a nivel con acumulación de suelo por del efecto del control de la erosión.

Para el establecimiento de la plantación se utilizó planta de *A. schaffneri* de un año producida en contenedor poliestireno de 77 cavidades de 170 cm^3. La semilla se recolecto en rodales naturales aledaños al sitio de plantación. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial con dos condiciones de plantación: 1) sobre el suelo retenido por la obra de conservación y 2) en la parte media entre los muros de piedra. En cada condición se establecieron: 1) con tubo protector y 2) sin tubo protector. La combinación de estos factores generó cuatro tratamientos, en los cuales se establecieron 20 plantas distribuidas en

cuatro repeticiones de cinco individuos, con un total de 80 plantas por el experimento. Los protectores utilizados consistieron en tubos de polietileno (blanco traslúcido) con una transmisividad de luz del 45 %, con 61 cm de altura y diámetro de 10.5 cm (Figura 1).

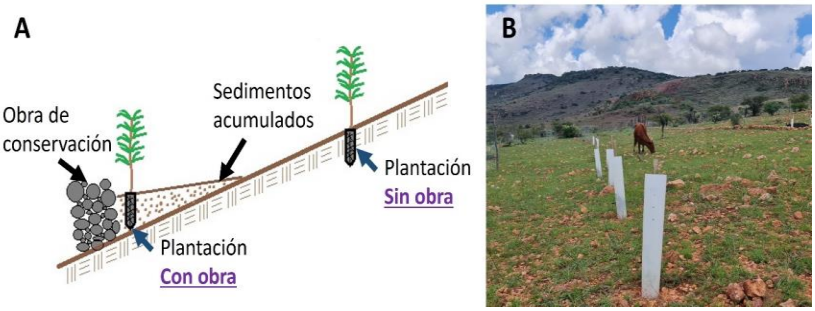


Figura 1. Ilustración de dos micrositios (con y sin obra) de plantación de *Acacia schaffneri* (A) y aspecto de los tubos protectores una vez instalados (B).

La plantación se realizó en octubre del 2023 mediante el método de cepa común con espaciamiento de 2.5 m entre plantas. A cada planta se evaluó la supervivencia y el crecimiento de altura y diámetro en tres ocasiones: a finales de invierno (febrero 2024), principios de verano (julio 2024) y en otoño (octubre de 2024, a 12 meses de realizada la plantación). Durante el periodo de evaluación la precipitación acumulada fue de 501 mm y temperatura media de 20.7 °C. Para caracterizar los cambios en el microambiente por el uso de protectores se midió la temperatura dentro del tubo protector, así como el ambiente lumínico mediante la medición de la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD). El análisis estadístico se realizó con el software R versión 4.4.1.). La supervivencia se analizó mediante el ajuste de un modelo lineal generalizado con distribución binomial. Por otra parte, las variables de crecimiento (diámetro y altura) se procesaron con ANOVA de medidas repetidas a través de modelos de efectos mixtos en los que se incluyó el protector, micrositio y tiempo (meses después de plantación, MDP) como efectos fijos y la planta como efecto aleatorio. Cuando el efecto de los factores o su interacción fue significativo, se realizó pruebas de comparación de medias de Tukey con un $\alpha=0.05$. Previo a ello se probaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

Resultados y discusión

A los 12 meses de plantado, la supervivencia general disminuyó a un 87.3% (Chi2=8.24, p=0.004). El tubo protector no influyó en la supervivencia de las plantas (Chi2=1.51, p=0.218). Las plantas con protección tuvieron una supervivencia de 91.7%, mientras que en plantas sin protector fue de 81.0%. Por otra parte, el efecto de la ubicación de la planta con respecto a la obra de conservación de suelo sólo fue marginal (Chi2=3.01, p=0.083). Las plantas ubicadas en la obra tuvieron una supervivencia del 82.1%, mientras que en aquellas plantadas fuera la obra fue de 91.1%.

El protector mejoró el crecimiento en altura (F=20.4, p<0.001), mientras que su efecto en la ubicación de la planta con respecto a la obra de conservación de suelo fue neutro (F=1.59, p=0.212). El efecto del tubo protector fue notable a partir del crecimiento de primavera (interacción: Tiempo × Protector: F=16.9, p<0.001), mientras que, al año de plantado, las plantas protegidas tuvieron casi 60 % mayor altura que las plantas sin protección (Figura 2A). Asimismo, el protector afectó positivamente el crecimiento en diámetro (F=3.96, p=0.048). La obra de conservación de suelo no influyó en el crecimiento en diámetro (F=0.62, p=0.433). Sin embargo, hacia final del estudio, se observó que el efecto del protector dependió de la posición de la planta con respecto a la obra (interacción: Tiempo × Protector × Obra; F=5.29, p=0.023); es decir, el efecto positivo del protector en el diámetro fue significativo sólo en las plantas localizadas fuera de la obra (Figura 2B).

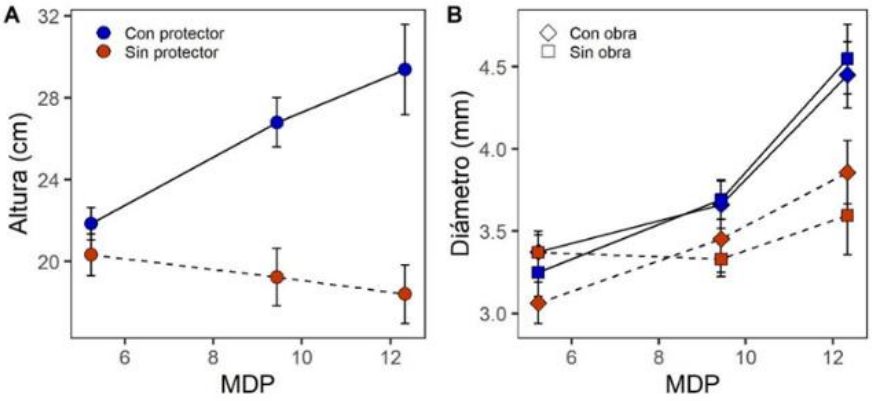


Figura 2. Crecimiento en altura (A) y diámetro (B) de plantas de huizache (*Acacia schaffneri*) en dos escenarios de protección: con tubo protector (azul) y sin protección (rojo), y su interacción con la condición de plantación (B): 1) con obra de conservación de suelo (rombos) y 2) sin obra (cuadros). MDP= meses después de plantado.

El efecto positivo de los tubos protectores en el crecimiento aéreo de las plantas se puede atribuir a la protección contra herbivoría y a las condiciones microclimaticas favorables, como la disminución de la radiación solar directa, incrementos en la humedad edáfica por captación de lluvia y el rocío condensado en las paredes del tubo lo que reduce el estrés por fotoinhibición (Abe, 2022; Oliet & Jacobs, 2007). Contrario a lo esperado, la condición obra de conservación de suelo no influyó en el crecimiento de las plantas. No obstante, el crecimiento en diámetro mostró que este fue potenciado con el uso del protector particularmente en la condición sin obra, en la cual es probable que la disponibilidad de humedad edáfica fuera menor. Por el contrario, en las plantas establecidas sobre la obra, el efecto positivo del protector en el crecimiento en diámetro fue menor. Si bien, las obras de conservación de suelo generan un microambiente propicio para el establecimiento de las plantas, también crean nichos para los insectos y fauna nociva que puede incrementar la probabilidad de herbivoría y remoción de follaje de las plantas.

Conclusiones

El uso de protectores individuales en reforestaciones de huizache chino (*Acacia schaffneri*) mejora crecimiento de las plantas durante el primer año después de plantado, mientras que el efecto de las obras de conservación de suelo es poco concluyente durante el desempeño inicial de las plantas. Estos resultados tienen implicaciones prácticas en la ejecución de los programas de reforestación destinados a la recuperación de poblaciones de *Acacia schaffneri,* especialmente en sitios semiáridos degradados.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece al Ejido Lázaro Cárdenas Durango, Dgo. El presente trabajo fue financiado con recursos fiscales del INIFAP mediante el proyecto denominado “Integración de tecnologías para la restauración agroecológica de tierras marginales en ecosistemas semiáridos del Norte-Centro de México”.

Referencias bibliográficas

Abe, T. (2022). Effects of tree shelter on seedling performance: *A meta-analysis. Journal of Forest Research*, 27(3), 171-181. https://doi.org/10.1080/13416979.2021.1992700

Comisión Nacional Forestal (2024). Sistema Nacional de Monitoreo Forestal. Deforestación por tipo de ecorregión durante el periodo 2001-2022. SEMARNAT-CONAFOR. https://snmf.cnf.gob.mx/deforestacion/.

Grossnickle, S.C. (2018). Seedling establishment on a forest restoration site – An ecophysiological perspective. *REFORESTA*, 6:110-139.

Prieto, R., J.A. & Goeche, T., J.R. (2016). Las Reforestaciones en México: Problemática y Alternativas de Solución. (Primera Edición) Editorial UJED. 79 p.

Oliet, J. A., & Jacobs, D. F. (2007). Microclimatic conditions and plant morpho-physiological development within a tree shelter environment during establishment of Quercus ilex seedlings. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144(1-2), 58-72.

MODELOS DE AHUSAMIENTO-VOLUMEN DE *Tectona grandis* L.f. EN PLANTACIONES DE LA COSTA DE JALISCO Y NAYARIT

Juan de Dios Benavides-Solorio[1*], Diego A. Gómez-Reyes[2], J. Javier Corral-Rivas[2], Agustín Rueda-Sanchez[1] y Gerónimo Quiñonez-Barraza[3]
[1]Campo Exp. Centro Altos de Jalisco CIRPAC-INIFAP; [2]Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales UJED, Durango; [3]Campo Experimental Valle del Guadiana CIRNO-INIFAP

*Autor para correspondencia: benavides.juandedios@inifap.gob.mx

Palabras clave: Teca, plantaciones, ahusamiento-volumen.

Introducción

Para realizar un aprovechamiento integral y sustentable de los bosques se debe partir de un conocimiento de sus existencias con un alto grado de certidumbre en el caso del volumen que pueden desarrollar los árboles a lo largo de los años y con diferentes diámetros y alturas. La estimación del volumen del arbolado se ha realizado con diferentes métodos, entre los cuales destacan los modelos del volumen total árbol o solamente del fuste comercial (Benavides *et al*., 2018;). Este conocimiento puede mejorarse al obtener el volumen a diferentes secciones del árbol a través de un sistema de perfil de ahusamiento y volumen. Este perfil se modela con la variación del diámetro del fuste a lo largo de las diferentes alturas. Dentro de los modelos utilizados destacan los sistemas segmentados de ahusamiento-volumen, que ajustan de manera simultánea una función de perfil fustal y otra compatible de volumen comercial (Quiñonez-Barraza *et al*., 2014), las cuales son capaces de representar con mayor precisión las distintas formas geométricas que adopta el fuste a lo largo de su altura (neiloide en la base, paraboloide en la sección media y cono en la parte superior (Tamarit-Urías *et al*., 2014). Los avances realizados sobre ahusamiento se han enfocado principalmente a especies de clima templado frio (Monárrez-González *et al*., 2024). El presente trabajo tuvo como objetivo ajustar, comparar y seleccionar un sistema matemático para predecir el ahusamiento y volumen comercial de árboles de *Tectona grandis* Linnaeus filius provenientes de plantaciones forestales en los estados de Jalisco y Nayarit.

Materiales y métodos

Los datos de ahusamiento y volumen se tomaron en cuatro plantaciones de *Tectona grandis* ubicadas, en el sitio experimental Costa de Jalisco del INIFAP y tres comerciales ubicadas en Jalisco y Nayarit, en los municipios de Villa de Purificación, Santiago Ixcuintla y Bahía de Banderas respectivamente. Se seleccionaron 49 árboles dominantes o codominantes de *T. grandis*, rectos y sanos con edades entre 5 y 23 años. Se midió su diámetro normal en pie, se derribaron, y posteriormente se seccionó el árbol en trozas de entre 1 y 2 m y se obtuvo el volumen por cada segmento, utilizando fórmulas de Smalian por su forma cilíndrica y del cono para la punta. En total se tuvieron 560 pares de datos diámetro-altura y volumen. Se evaluaron tres sistemas de ahusamiento segmentados de ahusamiento-volumen comercial que fueron Fang *et al*., (2000) (SA-V1); Parresol *et al.* (1987) (SA-V2) y Max y Burkhart (1976) (SA-V3) citados en Tamarit-Urias *et al*. (2014), Cada sistema fue ajustado de forma simultánea, dada su reconocida eficiencia. Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.3. Para asegurar la robustez de los modelos se realizó un análisis de autocorrelación y se abordó la heterocedasticidad en los residuales. La autocorrelación fue identificada con el estadístico de Durbin-Watson (DW) y la heterocedasticidad. fue corregida mediante un modelo autorregresivo condicional de segundo orden (CAR (2)). Para seleccionar el mejor modelo se hizo mediante la bondad de ajuste, con el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}),la raíz del error cuadrático medio (RCME), el criterio de información de Akaike (AIC) y el criterio de información Bayesiano (BIC). El error de predicción se hizo estimando el sesgo individual ($\hat{E}$).

Resultados y discusión

Los parámetros estimados en todos los sistemas fueron altamente significativos ($p < 0.0001$) (Cuadro 1). El SA-V1 y el SA-V3 presentan dos puntos de inflexión que representan los cambios en la forma del fuste de neiloide a parabolide. En el caso del SA-V1, el primer segmento se extiende desde la altura del tocón hasta el 9.9 % de la altura total del fuste, mientras que el segundo segmento abarca desde el 9.9 % hasta

el 77 %. En el modelo SA-V3, el primer punto de inflexión se encuentra al 12 % y el segundo al 45 % de la altura total del árbol. El modelo SA-V2 presenta un solo punto de inflexión, el cual ocurre al 12 % de la altura total del fuste. El SA-V1 evidenció el mejor ajuste estadístico tanto para los modelos de ahusamiento como de volumen comercial, presentó errores medios de predicción de 1.4 cm para el diámetro y 0.03 m³ para el volumen, así como sesgos absolutos promedio de 0.027 y 1.02, respectivamente (Cuadro 2). Los R^2_{adj} fueron de 0.98 en el modelo de ahusamiento y 0.98 en el de volumen (Cuadro 2). Asimismo, SA-V1 registró los valores más bajos en los estadísticos AIC y BIC. En comparación, el sistema con menor desempeño fue el SA-V2, cuyos valores de R^2_{adj} fueron de 0.96 para ahusamiento y 0.89 para volumen, indicando menores valores de explicación comparado con los otros sistemas evaluados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de los parámetros, error estándar y significancia estadística

Sistema	Parámetro	Estimador	EE	Valor T	Pr(>|t|)
Fang *et al*. (2000) (SA-V1)	α_0	0.000025	2.376E-6	10.71	<.0001
	α_1	1.657441	0.0256	64.86	<.0001
	α_2	1.467637	0.0382	38.40	<.0001
	β_1	0.000011	7.068E-7	15.85	<.0001
	β_2	0.000027	4.191E-7	63.36	<.0001
	β_3	0.000055	5.466E-6	10.01	<.0001
	ρ_1	0.09933	0.0108	9.16	<.0001
	ρ_2	0.772499	0.0139	55.46	<.0001
Parresol *et al*. (1987) (SA-V2)	β_1	3.16371	0.3931	8.05	<.0001
	β_2	-5.94241	0.6730	-8.83	<.0001
	β_3	-4.9863	0.4973	-10.03	<.0001
	β_4	8.543844	0.7388	11.56	<.0001
	ρ_1	0.129618	0.0248	5.22	<.0001
Max y Burkhart, (1976) (SA-V3)	β_1	-1.89985	0.1985	-9.57	<.0001
	β_2	0.873073	0.1231	7.09	<.0001
	β_3	40.43319	10.2539	3.94	<.0001
	β_4	1.016123	0.6161	1.65	0.0997
	ρ_1	0.12335	0.0181	6.82	<.0001
	ρ_2	0.457004	0.1266	3.61	0.0003

Cuadro 2. Estadísticos de bondad de ajuste de los sistemas de ahusamiento-volumen comercial

Sistema	Función	R^2_{adj}	$RCME$	$\hat{E}$	AIC	BIC	DW
SA-V1	d	0.977	1.42	1.027	411	437	1.8
	Vc	0.983	0.03	0.027	-3636	-3610	
SA-V2	d	0.965	2.22	1.553	903	920	1.9
	Vc	0.896	0.09	0.060	-2643	-2626	
SA-V3	d	0.975	1.89	1.322	725	743	1.8
	Vc	0.972	0.04	0.031	-3365	-3348	

Dónde: d=diámetro, Vac = Volumen comercial

El sistema de ahusamiento segmentado Fang *et al*. (2000) (SAV-1) presentó el mejor desempeño para las estimaciones del volumen comercial y ahusamiento, destacando los valores de $R^2_{adj} \geq 0.98$ y bajos errores en las predicciones. Estos resultados coinciden con lo reportado por diversos autores que también seleccionaron este sistema tanto para especies forestales de coníferas como latifoliadas. Quiñonez-Barraza *et al*. (2014) lo eligieron para modelar el perfil fustal y estimar el volumen comercial de cinco especies de *Pinus* en los bosques del estado de Durango. Asimismo, Tamarit-Urias *et al*. (2014), lo utilizó en plantaciones de teca. Estos resultados demuestran la flexibilidad del modelo para adaptarse a diferentes especies forestales tanto de climas templados como tropicales.

Los residuales correspondientes tanto al modelo de volumen comercial como al de ahusamiento del SA-V1 mostraron una distribución homogénea a lo largo del rango de valores predichos. lo cual sugiere una adecuada especificación del modelo y la ausencia de heterocedasticidad. La capacidad del SAV-1 para predecir con precisión tanto el ahusamiento del fuste como el volumen comercial se puede observar en la Figura 1, se muestran los valores observados y predichos por cada uno de los árboles para ahusamiento (a) y para volumen comercial (b). Los valores de ahusamiento y volumen se predicen de forma satisfactoria el soporte estadístico, permite apreciar que el modelo es preciso para la modelación.

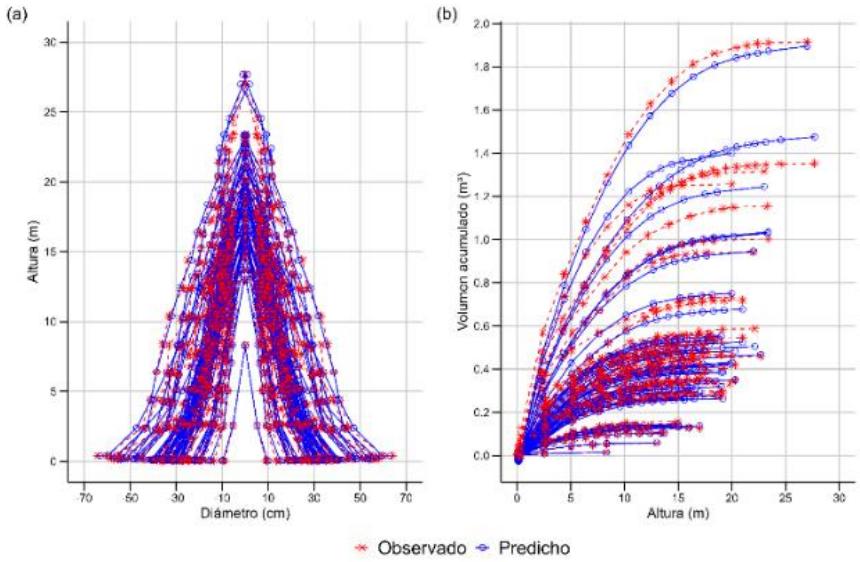


Figura 1. Valores observados y predichos de ahusamiento (a) y volumen comercial (b) del modelo de Fang *et al* (2000), para *Tectona grandis* en la costa de Jalisco y Nayarit

Conclusiones

El sistema SA-V1 de ahusamiento-volumen comercial correspondiente al modelo segmentado de Fang *et al*. (2000) tuvo los mejores estadísticos de bondad de ajuste tanto en los modelos de ahusamiento como de volumen comercial, así como lo menores errores en las predicciones de estas dos variables. Tal sistema indica que es confiable y permite predecir con buen nivel de confianza tanto el ahusamiento como el volumen comercial de árboles individuales de Teca en las plantaciones comerciales estudiadas de Jalisco y Nayarit.

Fuente financiadora

Financiamiento por el INIFAP, con recurso fiscal a través del proyecto número 1845736553.

Referencias bibliográficas

Benavides-Solorio., J. de D., Rueda-Sánchez., A., Flores-Garnica., G., J. G., Orozco-Gutiérrez., G., y Gómez-Reyes., D. A. (2018). *Ecuaciones de volumen para plantaciones forestales comerciales de teca (Tectona grandis L. f.)* en Jalisco y Nayarit (Folleto Técnico No. 2). INIFAP-CIRPAC, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco.

Fang, Z., B. E. Bordes, and R. L. Bailey. (2000). Compatible volume-taper models for Loblolly and Slash Pine Based on a System with Segmented-Stem Form Factors. *Forest Science*, 46: 1-12.

Quiñonez-Barraza, G., De los Santos-Posadas, H. M., Álvarez-González, J. G., y Velázquez-Martínez, A. (2014). Sistema compatible de ahusamiento y volumen comercial para las principales especies de *Pinus* en Durango, México. *Agrociencia*, 48(5), 553-567.

Monárrez-González, J. C., Márquez-Linares, M. A., López-Hernández, J. A., Pérez-Verdín, G., Quiñonez-Barraza, G., y García-Cuevas, X. (2024). Ecuaciones de volumen fustal-total y ahusamiento para especies maderables del ecosistema templado en Puebla, México. Revista mexicana de ciencias forestales, 15(84), 4-28.

Tamarit-Urías, J. C., De los Santos Posadas, H. M., Aldrete, A., Valdez Lazalde, J. R., Ramírez Maldonado, H., y Guerra De la Cruz, V. (2014). Sistema de cubicación para árboles individuales de *Tectona grandis* L. f. Mediante funciones compatibles de ahusamiento-volumen. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 5(21), 58-74.

USO DEL ASERRÍN COMO SUSTRATO ALTERNATIVO Y DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN EL CRECIMIENTO DE *Pinus engelmannii* Carr. EN VIVERO

Anahi Castañeda-Tejada[1], José Ángel Prieto-Ruíz[1*], Rosa Elvira Madrid-Aispuro[2], Silvia Salcido-Ruiz[1], José Rodolfo Goche-Télles[1]
[1]Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales-UJED, [2]Departamento Forestal-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

*Autor para correspondencia: jprieto@ujed.mx

Palabras claves: calidad de planta, sustratos, nutrición.

Introducción

En los viveros forestales, la producción de plantas se enfoca en abastecer proyectos de reforestación. La calidad de las plantas depende en gran medida del sustrato y la fertilización; sin embargo, el alto costo de estos insumos, especialmente de los sustratos más comúnmente utilizados en la producción de pino, como la mezcla base compuesta por turba de musgo, perlita y vermiculita, representa una limitante significativa. Los precios de estos materiales importados son elevados, alcanzando valores de $5,140.00, $5,600.00 y $10,500.00 por metro cúbico, respectivamente (González-Orozco *et al*. 2018a). En este contexto, es fundamental identificar sustratos alternativos locales que puedan reducir costos y mejorar la sustentabilidad de la producción. Entre las opciones viables se encuentran el aserrín de pino crudo y la corteza compostada de pino, los cuales son abundantes derivados del proceso de aserrío en la región de bosque templado del estado de Durango y presentan costos significativamente menores (precio por metro cúbico: aserrín crudo $150 y corteza compostada $1,300), lo que los convierte en materiales prometedores para una producción más económica y sustentable.

La fertilización es otro de los factores clave en la producción de planta, ya que permite suministrar los nutrientes minerales esenciales para su crecimiento, lo que a su vez mejora tanto sus características morfológicas como fisiológicas (Prieto *et al.* 2009). En este contexto, los fertilizantes de liberación controlada representan una alternativa eficiente, pues se integran fácilmente al sustrato y requieren una sola aplicación durante el ciclo de vivero. Además, presentan la ventaja de minimizar la pérdida de nutrientes por lixiviación, a diferencia de los fertilizantes hidrosolubles, que suelen ser más costosos y requieren aplicaciones frecuentes (Rose *et al.* 2004).

Con base en lo anterior, el objetivo del ensayo fue evaluar el uso del aserrín crudo de pino, como componente alternativo en mezclas de sustratos, combinado con corteza compostada de pino y turba de musgo, con diferentes dosis de fertilizante de liberación controlada y fertilizante hidrosoluble en la calidad de planta de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el vivero Forestal Halcón de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 4 (UCODEFO N° 4), en Durango, Durango, México (24°03'55.4" N y 104°35'22.2" O), a una altitud de 1870 m.

La siembra se realizó el 20 de octubre del 2022, en tubete de polietileno rígido color negro, puestos en charolas portatubetes de 98 cavidades con capacidad de 160 mL cada uno. El crecimiento de la planta ocurrió en condiciones de malla sombra con un porcentaje de sombra del 80% (octubre 2022-junio 2023). Posteriormente la planta se dejó a la intemperie (julio del 2023).

Se evaluaron 14 tratamientos, resultantes de siete mezclas de sustratos y dos esquemas de fertilización: fertilizante de liberación controlada Osmocote® (19-6-12 de NPK), y la combinación de fertilizante de liberación controlada con fertilizante hidrosoluble. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 7 x 2 (siete mezclas de sustratos y dos dosis de fertilización), con cuatro repeticiones por tratamiento; cada repetición estuvo compuesta por 42 plantas. El tratamiento 7 se consideró como testigo, ya que es la mezcla de sustrato que utilizan en el vivero donde se realizó el estudio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la producción de planta de *Pinus engelmannii* Carr. en vivero.

Tratamiento	Aserrín crudo (%)	Corteza Compostada (%)	Turba de musgo (%)	Vermiculita (%)	Perlita (%)	Fertilizante Osmocote® (g L^{-1}) + *FH
1	0	50	50			9+Agua
2	50	20	30			9+Agua
3	40	20	40			9+Agua
4	30	30	40			9+Agua
5	30	40	30			9+Agua
6	30	20	50			9+Agua
7	0	44	46	7	3	9+Agua
8	0	50	50			3+FH
9	50	20	30			3+FH
10	40	20	40			3+FH
11	30	30	40			3+FH
12	30	40	30			3+FH
13	30	20	50			3+FH
14	0	44	46	7	3	3+FH

*Donde: FH= fertilizante hidrosoluble y FLC= fertilizante de liberación controlada.

En los tratamientos del ocho al 14 la nutrición se complementó con el fertilizante hidrosoluble iniciador Agrolution® (9-45-15 de N-P-K) con dosis de 50 ppm (10 de diciembre de 2022 al 31 de enero de 2023); en la etapa de desarrollo (17 de febrero al 30 de junio de 2023) se aplicó Peters® Professional (20-10-20 de N-P-K) + Peters® Professional (4-25-35 de N-P-K) con dosis de 100 ppm, y en la etapa de preacondicionamiento (julio y agosto de 2023) se aplicó finalizador Peters® Professional (4-25-35 de N-P-K) con dosis de 100 ppm; se fertilizó los días martes y jueves de cada semana.

Después de 10 meses de crecimiento de la planta, de forma aleatoria se extrajeron 10 plantas por unidad experimental (40 plantas por tratamiento), a las que se les midió altura, diámetro del cuello de la raíz y biomasa seca (aérea, raíz y total); además, se estimó el costo de producción por tratamiento con la información referente al costo unitario de cada material utilizado y su proporción correspondiente a la mezcla y la dosis de fertilizante. Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS® versión 9.2; cuando existieron diferencias significativas entre factores y su interacción se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos (Interacción: Sustrato ×Fertilización) para las variables altura, diámetro y biomasa seca aérea, radical y total (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores medios ± error estadard de altura, diámetro y biomasa seca y estimación del costo de producción en la producción dela planta de *Pinus engelmannii*, a los 10 meses de la siembra, en diferentes sustratos y condiciones de fertilización.

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro del cuello (mm)	Índice de calidad de Dickson	Costo por planta $
T1	15.1±0.7 cd	4.8±0.2 cde	0.8±0.1 ab	0.58
T2	16.5±0.6 abc	4.6±0.1 e	0.5±0.1 b	0.37
T3	15.7±0.6 cd	5.1±0.1 bcde	0.8±0.1 ab	0.45
T4	15.8±0.7 bc	5.0±0.1 bcde	0.7±0.1 ab	0.47
T5	17.5±0.7 abc	5.1±0.2 bcde	0.7±0.1 ab	0.41
T6	12.5±0.7 d	4.7±0.2 de	0.8±0.1 ab	0.53
T7	18.3±0.7 abc	5.3±0.2 abcde	0.8±0.1 ab	0.67
T8	18.9±0.5 ab	6.1±0.1 a	0.9±0.1 a	2.04
T9	17.9±0.7 abc	5.5±0.1 abc	0.7±0.1 ab	1.84
T10	18.1±0.6 abc	5.7±0.2 ab	0.8±0.1 ab	1.91
T11	18.9±0.7 ab	5.5±0.2 abc	0.8±0.1 ab	1.93
T12	19.3±0.7 a	5.9±0.2 a	0.8±0.1 ab	1.87
T13	17.0±0.7 abc	5.7±0.2 ab	0.8±0.1 ab	1.99
T14	19.2±0.6 a	5.5±0.1 abcd	0.8±0.1 ab	2.14
Valor p	**0.0001**	**0.0001**	**0.0036**	

Dónde: Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo con Tukey ($p \leq 0.05$).

Los tratamientos 12 y 14 produjeron las plantas con mayor crecimiento en altura, aunque para *Pinus engelmannii* la variable altura no se considera un indicador de calidad debido al crecimiento lento y se debe

al estado cespitoso que esta especie manifiesta durante su producción los primeros años, el cual tiende a crecer más en diámetro que en altura en los primero años de desarrollo; sin embargo, en este trabajo, la altura varió de 12.5 a 19.3 cm; es decir, tuvo un desarrollo favorable en todos los tratamientos evaluados, resultados similares se han obtenido en otras especies de pino consideradas no cespitosas; por ejemplo, en *Pinus cooperi* reportaron alturas de 14.7 y 16.4 cm (González *et al*. 2018a), ambas producidas en mezclas de aserrín, corteza y turba de musgo en diferentes proporciones.

Los valores de diámetro fluctuaron de 4.6 a 5.9 mm; en los tratamientos 8 y 12 se produjeron las plantas con mayor diámetro, tratamientos caracterizados por tener en común la combinación de ambos fertilizantes (FLC+FH), y con 0 y 50 % de aserrín en la mezcla, valores recomendados para *Pinus engelmannii* por la Norma Mexicana para la Certificación de la Operación de Viveros Forestales NMX-AA-170-SCFI-2016 para ser considerado como planta de calidad y apta para ser plantada en campo.

En la calidad de Dickson los valores oscilaron de 0.5 a 0.8; en todos los tratamientos se obtuvo planta de calidad, de acuerdo con Prieto y Sáenz (2011) es considerado planta de calidad alta (≥0.50), en este índice se considera la altura, el diámetro y la biomasa seca; por lo tanto, se predice que tendrá mejor desempeño en campo.

El costo más elevado por planta se obtuvo en el tratamiento 14, al cual no se le agregó aserrín a la mezcla del sustrato y se aplicó fertilizante de liberación controlada más fertilizante hidrosoluble, mientras que el de menor costo fue el tratamiento 2, debido a que tuvo mayor proporción de aserrín crudo y sólo se aplicó fertilizante de liberación controlada; la diferencia entre estos valores extremos del costo por planta fue $1.77; es decir, el costo se cuadruplicó.

Conclusiones

En las mezclas de sustratos del 1 al 6 se produjo planta con tallas e índices de calidad morfológica, similares a la mezcla de sustrato utilizada en el vivero Forestal Halcón (tratamiento 7). Las plantas fertilizadas con 3 g de FLC + FH tuvieron los mayores crecimientos morfológicos en todas las variables evaluadas; sin embargo, los costos de producción se incrementaron hasta cuatro veces más (tratamientos del 8 al 14). El uso de sustratos alternativos (aserrín y corteza) mezclados con turba, son recomendables para la producción de planta de *Pinus engelmannii* de buena calidad y contribuyen a minimizar significativamente los costos de producción en vivero.

Referencias bibliográficas

González Orozco, M. M., Prieto Ruíz, J. Á., Aldrete, A., Hernández Díaz, J. C., Chávez Semental, J. A., & Rodríguez Laguna, R. (2018a). Sustratos a base de aserrín crudo con fertilización y la calidad de planta de *Pinus cooperi* Blanco en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 48(9), 202-225. https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n48/2007-1132-remcf-9-48-203.pdf

Prieto Ruíz, J. Á., García Rodríguez, J. L., Mejía Bojórquez, J. M., Huchín Alarcón, S., & Aguilar Vitela, J. L. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. 53 p. http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/09%20Manuales%20t%C3%A9cnicos/Lista%20de%20documentos/Viveros%20forestales/Manual%20Produccion%20de%20planta%20de%20Pinus%20en%20vivero.pdf

Prieto Ruíz, JA; Sáenz Reyes, JT. 2011. Indicadores de calidad de planta en viveros forestales de la Sierra Madre Occidental. Durango, Dgo., México. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. 210 p. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S2007-113220180003001100023&lng=es

Rose, R; Haase, D; Arellano, E. 2004. Fertilizantes de entrega controlada: potencial para mejorar la productividad de la reforestación. Bosque 25(2):89-100. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002004000200009

INCIDENCIA DE LA FERTILIZACIÓN DE LENTA LIBERACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Agave durangensis* Gentry DESPUÉS DE SU TRASPLANTE A BOLSA EN VIVERO

Alan Eduardo Payán-Villanueva[1], Silvia Salcido-Ruiz[1], José Ángel Prieto-Ruíz[1*], Rosa Elvira Madrid-Aispuro[2], José Rodolfo Goche-Télles[1]

[1]Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad Juárez del Estado de Durango.
[2]Departamento Forestal-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

*Autor para correspondencia: jprieto@ujed.mx

Palabras clave: nutrición inorgánica, maguey cenizo, sistema doble trasplante

Introducción

Los agaves están adaptados para vivir en ambientes secos, debido a las modificaciones morfológicas que presentan, al tener un metabolismo ácido crasuláceo; es decir, sus estomas permanecen abiertos durante la noche y se cierran durante la mayor parte del día, esto permite una pérdida mínima de agua y tienen una fotorrespiración reducida (Rosales *et al*., 2013); además, cuentan con hojas alineadas en forma de espiral, que ayudan a captar agua, dirigiéndola hacia el suelo y las raíces, siendo el tallo el órgano principal encargado de almacenar agua y carbohidratos de reserva (Espinoza, 2015).

El ciclo de producción de *Agave durangensis* Gentry requiere de al menos dos años en vivero para lograr un óptimo desempeño en campo. En el primer año la planta puede mantenerse en charolas de poliestireno, mientras que en el segundo se requiere trasplantar a bolsas de polietileno, esto para aumentar el tamaño del diámetro, favorecer el desarrollo radicular e incrementar la altura. Este método brinda buenos resultados en campo; sin embargo, este trasplante implica más costos (Rosales *et al*., 2013).

Existen elementos primordiales para la nutrición de las plantas; éstos se encuentran clasificados en dos grupos: macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre), elementos que las plantas requieren en cantidades relativamente grandes; y micronutrientes, como el fierro, manganeso, zinc, boro, cobre y molibdeno, que las plantas requieren en pequeñas cantidades, pero que son importantes en su crecimiento (Landis *et al*., 1989).

La fertilización favorece la nutrición en las plantas; para ello, se pueden utilizar diferentes esquemas, soluciones nutritivas o incorporación de fertilizantes de lenta liberación al realizar la mezcla de sustratos (Rosales *et al*., 2014). Por ello, existe la necesidad de generar información científica técnica que ayude a mejorar los procesos de producción de planta de calidad en vivero. Es así que, en este ensayo se planteó el objetivo de evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización de lenta liberación en el desarrollo de *Agave durangensis* Gentry después de su primer ciclo de crecimiento en vivero y su trasplante a bolsa de polietileno negro.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el vivero forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), en Durango, Durango, México (24° 00´48.3” N y 104° 41´10.36” O), a una altitud de 1870 m.

La planta utilizada fue sembrada en almácigo el 15 de diciembre de 2020, tres meses después se trasplantó a charola tipo bloque de polietileno negro, de 54 cavidades, de 200 mL, como sustrato se utilizó una mezcla de turba, corteza de pino compostada, vermiculita y perlita en una proporción de 30:40:15:15, respectivamente. A los 18 meses de edad dicha planta fue utilizada para este estudio, y tenía las siguientes características morfológicas: altura 4.2 cm, diámetro de roseta 5 cm, biomasa seca radical 0.55 g y biomasa seca aérea de 1.64 g. El ensayo se evaluó por seis meses en una estructura cubierta con malla sombra al 60 % y posteriormente dos meses, el material vegetativo estuvo

en condiciones de intemperie. La temperatura promedio fue 19.2 °C y la humedad relativa promedio fue 35 %.
El ensayo se basó en cuatro tratamientos, compuestos por un testigo, sin fertilización inorgánica, y tres dosis de fertilizante Multicote®8 (12N-25P-12K) de ocho meses de liberación controlada, en dosis de 3, 6 y 9 g L^{-1}, agregados al sustrato, compuesto por ensolve de río, aserrín crudo de pino y corteza de pino compostada (1:1:1). Para el trasplante se utilizó bolsa de polietileno negro con capacidad de 1.5 L, de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro. El ensayo tuvo una duración de ocho meses. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completamente al azar. La unidad experimental constó de 10 plantas con cuatro repeticiones por tratamiento.

La evaluación morfológica se realizó ocho meses después del trasplante a bolsas de polietileno, a las plantas se les midió altura, diámetro de la roseta, biomasa seca aérea, biomasa seca radical y biomasa seca total. Se realizaron análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS® versión 9.2; cuando existieron diferencias significativas se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey (α = 0.05).

Por otro lado, se estimó el costo por planta del fertilizante Multicote® 8, el cual se comercializa a un precio de $3500, para un bulto de 25 kg; en base a esto, después se calculó el costo por kilo, que fue $140 y considerando las dosis utilizadas en cada tratamiento, se determinó el costo por planta utilizando el volumen del contenedor que fue 1.5 L.

Resultados y discusión

El valor promedio de las variables evaluadas mostró diferencias significativas (P<0.0001) entre los tratamientos evaluados, donde destaca el tratamiento con dosis de 9 g L^{-1} de Multicote® 8 (Cuadro 1), seguido por los tratamientos de 6 y 3 g L^{-1} del fertilizante en mención; finalmente, el resultado menos favorable, en todas las variables evaluadas, ocurrió cuando no se fertilizó.

Cuadro 1. Crecimiento de la planta de *Agave durangensis* en altura, diámetro de roseta y producción de biomasa seca a ocho meses del reembolsado.

Dosis (g L^{-1})	Altura (cm)	Diámetro de roseta (mm)	Biomasa seca (g)		
			Raíz	Aérea	Total
0	6.6 ± 0.1 c	5.6 ± 0.2 d	1.5 ± 01 b	4.1 ± 0.2 b	5.6 ± 0.3 b
3	9.2 ± 0.2 b	10.4 ± 0.3 c	3.7 ± 0.2 a	9.9 ± 0.4 a	13.6 ± 0.5 a
6	9.9 ± 0.2 ab	12.6 ± 0.3 b	4.3 ± 0.2 a	10.6 ± 0.6 a	14.8 ± 0.7 a
9	10.3 ± 0.2 a	13.7 ± 0.3 a	4.2 ± 0.2 a	10.3 ± 0.5 a	14.5 ± 0.7 a
Valor *p*	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo a Tukey (P≤0.05).

Flores (2024) evaluó el uso del fertilizante Multicote® 4 (18N-6P-12K) y Multicote® 8 (12N-25P-12K), en dosis de 3.5 y 7 g L^{-1}, sobre el crecimiento de *Agave durangensis* Gentry después de su trasplante a bolsa de polietileno de 1.5 L de volumen. A los ocho meses de su trasplante a bolsa encontraron que el tratamiento a base de 7 g L^{-1} de Multicote® 4 tuvo el mejor efecto en el desarrollo morfológico en altura, diámetro de roseta y producción de biomasa de la planta, lo cual podría atribuirse al mayor contenido de nitrógeno.

Los resultados del análisis de costos debido a la fertilización mostraron que estos aumentaron conforme la dosis de fertilizante se incrementó, de tal modo que en la dosis menor fue $0.63, en dosis de 6 g L^{-1} fue $1.26 y con dosis de 9 g L^{-1} fue de $1.89. Actualmente se carece de registros de estudios en los que se haya presentado el costo que genera el aplicar distintas dosis de fertilizante Muticote® 8. Rosales *et al*. (2014) en su investigación manejan un costo total por planta de $2.34, pero la producción de su planta fue en vivero en acolchado y no se detalla el costo exacto de la fertilización como en la presente investigación.

Conclusiones

Los tratamientos con dosis de 6 y 9 gramos de fertilizante resultaron más favorables en el crecimiento de las plantas y fueron similares entre ellos. El tratamiento testigo favoreció menos el crecimiento de las plantas. Los costos debido a la fertilización, obtenidos de este estudio, deben relacionarse con las características morfológicas obtenidas en las plantas en cada tratamiento evaluado, para de esa forma seleccionar el tratamiento que permita la mejor calidad de la planta, al menor costo posible.

Referencias bibliográficas

Espinoza Barrera, L.A. (2015). Generalidades e importancia de los Agaves en México. Desde El Herbario CICY, 7, 161-164. https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2015/2015-10-22-Espinosa_Barrera-Generalidades_e_importancia_de_los_agaves_en_Mexico.pdf

Flores Villanueva, A. (2024). *Crecimiento de Agave durangensis Gentry con diferentes dosis de fertilizante de lenta liberación después de trasplantarse a bolsa de polietileno* [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Juárez del Estado de Durango.

Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. P. (1990). The container tree nursery manual (Vol. 4.) Mineral nutrients and fertilization. United States Department of Agriculture. https://rngr.net/publications/ctnm/volume-2

Rosales Mata, S., Sigala Rodríguez, J. A., Bustamante García, V. (2013). *Producción y trasplante de planta de Agave en vivero*. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. https://www.researchgate.net/publication/273727453_Produccion_y_trasplante_de_planta_de_Agave_en_vivero

Rosales Mata, S., Hernández Antuna, M., Sarmiento López, H., Sígala Rodríguez, J. A. (2014). *Producción de planta de Agave durangensis en sistema de acolchado y riego por goteo*. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. https://www.researchgate.net/publication/273972254_PRODUCCION_DE_PLANTA_DE_Agave_durangensis_EN_SISTEMA_DE_ACOLCHADO_Y_RIEGO_POR_GOTEO

FERTILIZACIÓN DE LIBERACIÓN CONTROLADA E INOCULACIÓN MICORRÍCICA EN EL CRECIMIENTO Y COLONIZACIÓN DE *Neltuma laevigata* EN VIVERO

David Ernesto Ávalos-Aguilera[1], Laura Elena Martínez-Nevárez[1]*, José Ángel Prieto-Ruíz[1], Homero Sarmiento-López[2], Jorge Armando Chávez-Simental[3]

[1]Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), [2]Campo Experimental Valle del Guadiana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, [3]Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, UJED.

*Autor para correspondencia: laura.elena.mn@gmail.com

Palabras clave. Mezquite, nutrición, calidad de planta

Introducción

El fracaso en la repoblación de cobertura forestal se relaciona, en parte, con la producción de planta de baja calidad en vivero. Una etapa crítica en este proceso es la nutrición mineral, ya que el uso correcto de fertilizantes favorece el crecimiento y desarrollo de las plántulas. Sin embargo, dosis elevadas pueden generar impactos negativos tanto económicos como ambientales, así el uso de los fertilizantes de liberación controlada (FLC) son una opción viable para disminuir dichos efectos (Aguilera-Rodríguez *et al.,* 2016). A su vez, la inoculación con hongos micorrícicos arbusculares puede mejorar la absorción de nutrientes y agua, promoviendo el establecimiento exitoso en campo (Hernández-Cuevas *et al*., 2011). No obstante, el exceso de fertilización puede inhibir esta simbiosis, disminuyendo sus beneficios (Montaño *et al.*, 2007). Por ello, es necesario comprender la interacción entre dosis de fertilización e inoculación micorrícica, para optimizar la producción de especies como el mezquite (*Neltuma laevigata* (Humb. y Bonpl. ex Willd.) Britton y Rose (Sinónimo *Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd. MCJohnst.)), una leguminosa de importancia ecológica, económica y social en zonas áridas y semiáridas. El objetivo del presente fue evaluar el crecimiento de mezquite (*Neltuma laevigata*) bajo diferentes dosis de FLC y la micorrización inducida en condiciones de vivero.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en el vivero forestal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Juárez del Estado de Durango (24° 00’ 47” N, 104° 40’ 57” O y 1809 m de altitud). Las semillas de *N. laevigata* fueron sometidas a un tratamiento pregerminativo mediante remojo en agua a 90 °C por 90 segundos, seguido de secado e impregnación con fungicida (tiabendazol, Tecto® 60). La mezcla de sustrato estuvo compuesta por turba (50%), corteza de pino compostada (30%) y aserrín crudo de pino (20%). A la mezcla de sustrato se le agregaron distintas dosis de FLC correspondiente a los tratamientos que se describen adelante. La siembra se realizó en charolas de polietileno negro de 60 cavidades con capacidad de 170 mL por cavidad. Se evaluaron ocho tratamientos, combinando cuatro dosis (3, 6, 9 y 12 g L^{-1}) de FLC Multicote® 8 (18-6-12 de N-P-K), y con y sin aplicación de un inóculo micorrícico arbuscular comercial MycoRacine VA® ($2x10^3$ esporas kg^{-1} de hongos de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Scutellospora* y *Gigaspora*), a razón de 0.5 g $planta^{-1}$. Tras cinco meses, se midieron variables morfológicas mediante pruebas destructivas: altura, diámetro del cuello de la raíz, peso seco de raíces y parte aérea, y se calculó el Índice de Calidad de Dickson (ICD) como el cociente entre el peso seco total y la suma de la altura respecto al diámetro, y la biomasa aérea respecto a la radical. Para evaluar la colonización micorrícica, las raíces fueron aclaradas, teñidas y analizadas en microscopio. Los datos se procesaron en el software R versión 4.5.0, mediante análisis de varianza (ANOVA), previa verificación de normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) se realizó la separación de medias según la prueba de Tukey.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron interacciones significativas entre los tratamientos de fertilización e inoculación micorrícica. En altura y diámetro del cuello de la raíz (Cuadro 1), el mayor crecimiento se obtuvo con la

dosis de 6 g L^{-1} en combinación con la aplicación de inoculante micorrícico. A dosis bajas, la inoculación no mostró efectos significativos.

Cuadro 3. Valores medios de las variables morfológicas analizadas en Neltuma laevigata cuatro dosis de fertilizante de liberación controlada (18-6-12 de N-P-K) e inoculación micorrícica a los cinco meses de crecimiento en vivero.

Fertilizante de liberación controlada (g L^{-1})	Aplicación de inóculo	Altura (cm)	Diámetro al cuello de la raíz (mm)	Peso seco (g)		Índice de calidad de Dickson
				Aéreo	Radical	
3	Con	12.83±0.87 d	2.72±0.08 d	0.33±0.03 d	0.32±0.03 c	0.11±0.01 c
3	Sin	12.37±0.68 d	2.73±0.09 d	0.34±0.03 d	0.33±0.03 c	0.11±0.01 c
6	Con	19.45±0.86 a	3.59±0.08 a	0.79±0.05 a	0.66±0.04 a	0.22±0.01 a
6	Sin	14.93±0.91 bcd	3.06±0.09 bcd	0.54±0.05 bc	0.47±0.04 ab	0.17±0.01 abc
9	Con	17.36±0.92 abc	3.38±0.07 ab	0.70±0.05 ab	0.59±0.04 a	0.21±0.01 a
9	Sin	15.79±0.83 abc	3.19±0.10 bc	0.56±0.05 abc	0.52±0.05 ab	0.18±0.02 ab
12	Con	17.73±0.82 ab	3.32±0.09 ab	0.69±0.05 ab	0.57±0.06 a	0.19±0.02 a
12	Sin	14.04±0.71 cd	2.86±0.09 cd	0.45±0.04 cd	0.35±0.03 bc	0.13±0.01 bc
Valor P		0.0393	0.0073	0.0209	0.0445	0.0427

En biomasa seca aérea y radical (Cuadro 1), el comportamiento fue similar, los valores más altos se registraron con la dosis media de 6 g L^{-1} e inoculación, mientras que la dosis más alta y sin inoculante mostró menor incremento en ambas variables. Por su parte, el ICD también mostró la misma tendencia, el tratamiento con 6 g L^{-1} e inoculación micorrícica fue superior respecto a los tratamientos sin inoculación y mayor dosis de FLC.

El porcentaje de colonización fue significativamente mayor en las plantas inoculadas en comparación con las no inoculadas (P<0.0001; 45% y 9%, respectivamente). No obstante, entre las distintas dosis de FLC no se observaron diferencias significativas (P=0.07). Mediante la tinción de raíces se identificaron estructuras típicas de micorriza arbuscular, como hifas, arbúsculos y vesículas (Fig. 1). Estos resultados, junto con el alto porcentaje de colonización en las plantas inoculadas, confirman la efectividad del inóculo micorrícico aplicado. Además, las dosis evaluadas se pueden emplear sin comprometer el establecimiento de la colonización micorrícica.

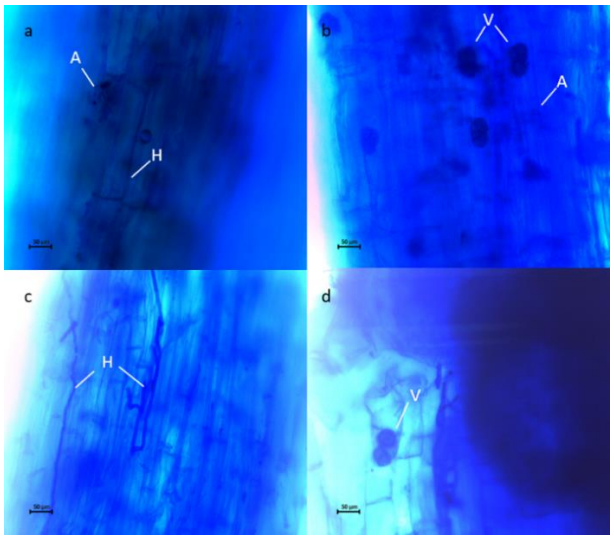


Figura 1. Estructuras micorrícicas en *Neltuma laevigata* observadas en el microscopio. a) Estructuras de hifas y arbúsculos; b) Estructuras de vesículas y arbúsculos; c) Estructuras de hifas. d) Estructuras de vesículas. Dónde: A= arbúsculos; H= hifas; y V=vesículas.

En general, la combinación de fertilización en dosis media de FLC y la micorrización inducida tuvieron un efecto positivo en el crecimiento de *N. laevigata* en vivero. En particular, la dosis de 6 g L^{-1} demostró que

una fertilización moderada puede favorecer el desarrollo de las plántulas sin provocar excesos que derrochen nutrientes o generen efectos tóxicos para la planta (Aguilera *et al.,* 2016; Reyes *et al.,* 2018). Sin embargo, este efecto solo se presentó cuando se inocularon las plantas, ya que, sin inoculante, la dosis que mayormente favoreció el crecimiento fue la de 9 g L^{-1}, lo que demuestra la eficacia de la micorriza para incrementar el crecimiento y biomasa de *N. laevigata* en vivero (Crespo-Flores *et al.*, 2021).

Conclusiones

La dosis de 6 g L^{-1} favorece el crecimiento de *Neltuma laevigata* cuando se aplica en conjunto con el inoculante micorrícico. En ausencia de inoculación, la dosis de 9 g L^{-1} promueve mayor desarrollo morfológico, seguida por la de 6 g L^{-1}, lo que indica que el efecto del fertilizante depende en gran medida de la presencia de la simbiosis micorrícica. Estos resultados sugieren la importancia de optimizar el uso combinado de FLC e inoculante en vivero, permitiendo una mayor eficiencia en el uso de insumos durante el proceso de producción. Además, el incremento en la biomasa radical podría traducirse en una mayor capacidad de exploración del suelo una vez en campo, ya que esta es una característica deseable para especies propias de zonas semiáridas, donde el acceso al agua y nutrientes suele ser limitado.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la UJED por las facilidades para realizar este trabajo de investigación.

Referencias bibliográficas

Aguilera-Rodríguez, M., Aldrete, A., Martínez-Trinidad, T., & Ordaz-Chaparro, V. M. (2016). Producción de *Pinus pseudostrobus* Lindl. con sustratos de aserrín y fertilizantes de liberación controlada. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7*(34):7-20.

Crespo-Flores, G., Ramírez-Tobias, H. M., Vallejo-Pérez, M. R., & Méndez-Cortés, H. (2021). Co-inoculation with rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi in seedlings of *Prosopis laevigata*. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas 7*(12):1249-1262.

Hernández-Cuevas, L., Guerra-De la Cruz, V., Santiago-Martínez, G., & Cuatlal-Cuahutencos, P. (2011). Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 2*(7).

Montaño Arias, N.M., Camargo Ricalde, S. L., García Sánchez, R., & Monroy Ata, A. (2007). Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos (Arbuscular mycorrhizae in arid and semiarid ecosystems). Mundi-Prensa S.A de C.V. UNAM. Distrito Federal, México. 460 p.

Reyes, G. D. J., Prieto Ruíz, J. Á., Vázquez Cisneros, I., López López, M. Á., Hernández Díaz, JC, & Chávez Simental, JA (2018). Alternativas de fertilización para producir *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) MC Johnst en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *9*(49):234-251. https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i49.175

RESISTENCIA DE PROCEDENCIAS DE *Pinus oocarpa* AL ESTRÉS POR SEQUÍA

Mario Valerio Velasco-García[1*], Rosalba Herneández-Hernández[2], Adán Hernández-Hernández[3], Maribel Torres-Niño[3], Bertario Sánchez-Rosales[3], Juan Francisco Castellanos-Bolaños[3]

[1]Cenid Comef, INIFAP; [2]Insitituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande; [3]Cirpas, INIFAP

*Autor para correspondencia: velasco.mario@inifap.gob.mx

Palabras clave: Supervivencia, crecimiento, humedad.

Introducción

Pinus oocarpa Schiede *ex* Schltdl. es la conífera de mayor distribución en México debido a su amplio intervalo de distribución latitudinal y altitudinal y es considerada como la de mayor capacidad de adaptación en ambientes restrictivos (Hernández-Hernández *et al*., 2023). Esta especie es la más importante en cuanto a la producción de resina en rodales naturales (Velasco-García *et al*., 2022). Por tanto, en los últimos se han comenzado a desarrollar programas de mejoramiento genético para seleccionar genotipos superiores para la producción de resina en Michoacán, Estado de México y Oaxaca (Velasco-García *et al*., 2024). Sin embargo, debido a que las sequías son cada vez más intensas por efecto del cambio climático global, en los programas de mejoramiento genético, los genotipos seleccionados, además de ser más productivos, deben ser resistentes a condiciones de estrés como la sequía. Por estas razones, estudios sobre el efecto de la sequía sobre *P. oocarpa* y la detección de genotipos más productivos y resistentes condiciones de estrés son necesarios.

Objetivo

Los objetivos de esta investigación fueron: 1) determinar el efecto la sequía sobre la supervivencia y crecimiento de plantas de *P. oocarpa*, y 2) determinar las diferencias de la supervivencia y crecimiento entre procedencias, en respuesta al estrés intenso por sequía.

Materiales y métodos

En 2019 se seleccionaron árboles superiores resineros de *P. oocarpa* en cuatro procedencias (Rosario, Sesteadero, San Pedro, El Nanche) del sur de Oaxaca, una (Cuentla) del Estado de México y una (Cañas) de Michoacán (Velasco-García *et al*., 2024). La planta se produjo en el vivero del Campo Experimental Valles Centrales del INIFAP durante 18 meses, en bolsas de 20 x 30 cm con sustrato compuesto de tierra de monte (40 %) y corteza de pino (60 %). Posteriormente, en un invernadero se estableció un experimento con tres tratamientos de riego de tres etapas (Cuadro 1). El experimento se estableció el 21 de agosto de 2022, la primera etapa concluyó el 23 de febrero de 2023; la segunda etapa (24 de febrero a 24 de junio de 2024), consistió en la reducción (al doble) de la frecuencia de riego en los tratamientos dos y tres para aumentar el estrés hídrico; para la tercera etapa (25 de junio a 13 de septiembre de 2024) las plantas se ubicaron fuera del invernadero para aprovechar la precipitación pluvial (Cuadro 1). La humedad del sustrato se midió cada tres días en 20 plantas de cada tratamiento seleccionadas aleatoriamente, con un medidor de humedad marca Moistenland® (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de riego de procedencias de *Pinus oocarpa* en tres etapas.

Tratamiento	Frecuencia de riego (días) y humedad del sustrato [%]		
	Etapa 1 (6 meses)	Etapa 2 (4 meses)	Etapa 3 (2.5 meses)
T1: Testigo	3 [38.5 %]	3 [39.5 %]	Precipitación [35.5 %]
T2: Estrés leve	6 [24.0 %]	12 [19.7 %]	Precipitación [40.0 %]
T3: Estrés intenso	9 [19.9 %]	18 [15.5 %]	Precipitación [44.0 %]

El diseño experimental fue bloques (4) completos al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela grande fue el factor riego y la parcela pequeña las procedencias. Al final de cada etapa se evaluó la supervivencia (viva= 1, muerta= 0) y el crecimiento acumulado de diámetro basal (mm), altura (m) y diámetro de copa (cm). Los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se verificaron con las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene, respectivamente. Ninguna variable cumplió con ambos supuestos. Por tanto, los análisis de varianzas se realizaron con modelos lineales mixtos generalizados ajustados por

máxima verosimilitud mediante el procedimiento GLIMMIX de SAS. Para cada variable se probaron varios modelos y se escogió el de mejor ajuste de acuerdo con los criterios de información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC). Para el análisis del efecto de los tratamientos, el bloque y la interacción bloque x tratamiento se consideraron como efectos aleatorios; mientras que, el tratamiento de riego y la procedencia se consideraron efectos fijos. Un análisis por separado se realizó para conocer las diferencias entre procedencias en el tratamiento tres (estrés intenso); el bloque se consideró como efecto aleatorio y la procedencia como efecto fijo. Las comparaciones múltiples entre tratamientos y entre procedencias se realizaron mediante medias ajustadas (LSMeans) con corrección de Tukey-Kramer.

Resultados y discusión

Diferencia entre tratamientos. Al final de las dos primeras etapas la supervivencia no presentó diferencias significativas entre los tratamientos de riego ($p \geq 0.0723$); sin embargo, al finalizar la tercera etapa la supervivencia fue significativamente ($p=0.0025$) menor en el tratamiento tres (Cuadro 2). El crecimiento en diámetro basal, altura y diámetro de copa fueron significativamente ($p \leq 0.0463$) diferentes entre los tratamientos en las tres etapas; el tratamiento uno y tratamiento tres presentaron los mayores y menores crecimientos, respectivamente, en las tres etapas (Cuadro 2). *P. oocarpa* mostró resistencia al estrés por sequía, ya que la supervivencia de los dos tratamientos de estrés (T2 y T3) en las primeras dos etapas fue igual al testigo (T1); por el contario, el crecimiento en diámetro basal, altura y diámetro de copa de ambos tratamientos de estrés fueron menores al testigo en varias etapas. Esto indicó que las plantas de *P. oocarpa* sacrificaron el crecimiento (primario y secundario) y redujeron la copa posiblemente como estrategia para evitar la transpiración y favorecer la supervivencia. La supervivencia del tratamiento dos (T2: estrés leve) al final de todas las etapas fue superior a la supervivencia (70 %) reportada para la misma especie después de 90 días de estrés leve por sequía (35 a 45 % de humedad) (Flores *et al*., 2018). Sin embargo, la supervivencia de las dos últimas etapas del tratamiento tres (T3: estrés intenso) fue menor a este reporte, debido al efecto del tiempo prolongado (cuatro meses) con muy baja humedad (15.5 %) en el sustrato de este tratamiento.

Cuadro 2. Supervivencia y crecimiento acumulado por etapas de diámetro basal, altura y diámetro de copa de *P. oocarpa* bajo en tres tratamientos de riego.

Tra	Supervivencia (%)			Diámetro basal (mm)			Altura (m)			Diámetro de copa (cm)		
	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
T1	100.0 a	100.0 a	99.2 a	3.1 a	4.1 a	4.6 a	0.13 a	0.19 a	0.23 a	6.5 a	18.4 a	0.7 a
T2	99.2 a	92.1 a	88.3 a	1.2 b	1.4 b	1.7 b	0.06 b	0.08 b	0.23 a	4.5 ab	11.8 b	-3.4 a
T3	96.3 a	61.7 b	44.6 b	0.3 c	0.3 c	0.4 c	0.04 c	0.05 c	0.07 b	-0.4 b	6.5 b	-10.5 b

Tra: tratamiento de riego (T1: testigo, T2: riego con estrés leve, T3: riego con estrés intenso).

Diferencia entre procedencias bajo estrés intenso. No se presentaron diferencias ($p \geq 0.0878$) entre procedencias para la supervivencia de la etapa uno y dos, diámetro basal en la etapa uno y tres, y altura en la etapa tres. Sin embargo, si existieron diferencias significativas ($p \leq 0.0142$) entre las procedencias para la supervivencia en la etapa tres, altura en la etapa dos y diámetro de copa en las tres etapas.

Cuadro 3. Supervivencia y crecimiento acumulado por etapas de diámetro basal, altura y diámetro de copa de procedencias de *P. oocarpa* en tratamiento de riego tres (estrés intenso).

Procedencia	Supervivencia			Diámetro basal (mm)			Altura (m)			Diámetro de copa (cm)		
	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Cuentla	100.0 a	85.0 a	80.0 a	0.4 a	0.6 ab	0.4 a	0.05 a	0.07 a	0.13 a	2.03 ab	10.5 a	-4.6 a
Sesteadero	100.0 a	63.2 a	57.9 ab	0.3 a	0.8 ab	0.5 a	0.05 a	0.06 ab	0.01 a	0.74 abc	13.4 a	-11.2 bc
Cañas	100.0 a	25.0 a	50.0 ab	0.4 a	1.6 a	0.1 a	0.01 b	0.00 c	0.12 a	7.75 a	10.0 ab	-16.8 bc
Rosario	98.0 a	64.0 a	44.0 b	0.2 a	0.3 b	0.2 a	0.04 a	0.05 ab	0.10 a	0.89 ab	6.4 ab	-10.4 ab
El Nanche	93.8 a	52.1 a	37.5 b	0.4 a	0.2 b	0.2 a	0.03 b	0.04 c	-0.08 a	-4.23 c	1.9 b	-15.4 c
San Pedro	91.8 a	59.2 a	32.7 b	0.5 a	0.1 b	0.9 a	0.04 a	0.04 bc	0.10 a	-1.60 bc	5.5 ab	-9.8 ab

Lo anterior demostró que las procedencias responden de manera diferencial de al estrés intenso por sequía; además, las respuestas variaron en cada característica posiblemente porque las procedencias siguen estrategias distintas para resistir a la sequía (Flores *et al*., 2018). La procedencia Cuentla demostró mayor resistencia a la sequía, ya que al final de la etapa tres la supervivencia fue alta (85 %); además, tuvo

mayores crecimientos de diámetro basal y altura, y menor pérdida de copa al final de la etapa tres. Por el contrario, las procedencias Rosario, San Pedro y El Nanche exhibieron menor resistencia por presentar las menores supervivencias al final de la etapa tres. Además, el Nanche presentó los menores crecimientos de diámetro y altura, y la mayor pérdida de copa. Las procedencias Sesteadero y Cañas tuvieron resistencia intermedia; sin embargo, esta última procedencia tuvo la particularidad de exhibir la capacidad conservar raíces vivas aun cuando la parte aérea había muerto completamente, lo cual se reflejó con el desarrollo de brotes en el cuello de la raíz en la última etapa, donde la humedad del sustrato dependió de la precipitación pluvial. Entre las procedencias ensayadas, Cuentla se caracteriza por presentar plantas con menores diámetros basales y alturas (Velasco-García *et al*., 2022), por lo que su respuesta en esta investigación fue contrario a lo esperado, ya que, por regla general, las plantas con menores diámetros de cuello de raíz tienen menos éxito en condiciones de estrés hídrico. Asimismo, contrariamente, la supervivencia y crecimiento de diámetro basal, altura y diámetro de copa de la procedencia Cuentla fue la más baja en un sitio de baja humedad después de siete meses de la plantación (Hernández-Hernández *et al*., 2023). Sin embargo, la mejor respuesta de la procedencia Cuentla en este estudio, posiblemente se debe a que sus plantas son más lignificadas en comparación con el resto de las procedencias, lo cual también fue congruente con el bajo índice de lignificación de la procedencia El Nanche (Velasco-García *et al*., 2024), que tuvo la supervivencia y crecimiento más bajo en esta condición de estrés intenso. Las diferencias genéticas también pudieron definir la respuesta diferencial de las procedencias al estrés por sequía. Además, otros rasgos fisiológicos y estructurales adaptativos, no evaluados en este estudio, pudieron definir las diferencias en resistencia a la sequía; por ejemplo, la presencia de órganos de almacenamiento en forma de zanahoria en las raíces en plantas juveniles de *P. oocarpa* se considera una adaptación de las poblaciones con baja precipitación (Venator, 1977).

Conclusiones

Las plantas de *P. oocarpa* poseen resistencia al estrés por sequía, y algunas estrategias se orientan a reducción del crecimiento y cantidad de follaje para evitar la mortalidad. La respuesta de las procedencias al estrés intenso por sequía es diferencial; la procedencia Cuentla es la más resistente por generar plantas más lignificadas. Sin embargo, el factor genético y otros rasgos fisiológicos y estructurales pueden influir en la resistencia por sequía.

Agradecimientos y fuente financiadora

El presente trabajo es parte del proyecto del INIFAP 1218634780 “Selección fenotípica y establecimiento de Huertos Semilleros Sexuales de *Pinus oocarpa* para la producción de resina”. Se agradece a las autoridades, comuneros, ejidatarios y resineros de Constancia de Rosario, San José de Cañas, Santo Domingo Coatlán, San Gabriel Cuentla y El Sesteadero, Putla Villa de Guerrero.

Referencias bibliográficas

Flores, A., Climent, J., Pando, V., López-Upton, J., & Alía, R. (2018). Intraspecific variation in pines from the Trans-Mexican Volcanic Belt grown under two watering regimes: Implications for management of genetic resources. *Forests*, *9*(2), 71.

Hernández-Hernández, A., Velasco-García, M.V., Martínez-Aranda, F., Sánchez-Rosales, B., Gómez-Cárdenas, M. (2023). Supervivencia y crecimiento de procedencias de árboles resineros de *Pinus oocarpa* en la Mixteca, Oaxaca. En Flores-Velázquez, R., Rojas-Díaz, E. y Reyes-Muro, L. (Comps.). *Memoria de la XIII Reunión de Nacional de Investigación Forestal*. Chihuahua, México. pp: 249-251.

Velasco-García, M. V., Hernández-Hernández, A., Muñoz-Gutiérrez, L., Gómez-Cárdenas, M., Santos-Torres, Y. M., Sánchez-Rosales, B., Martínez-Aranda, F. y García-Asunción, N. (2022). Variación altitudinal del crecimiento temprano de procedencias de árboles de *Pinus oocarpa* productores de resina. En Flores-Velázquez, R., Rojas-Díaz, E. y Reyes-Muro, L. (Comps.). *Memoria de la XII Reunión de Nacional de Investigación Forestal*. INIFAP. Villa Hermosa, Tab. pp: 266-264.

Velasco-García, M. V., Hernández-Hernández, A., Gómez-Cárdenas, M. y Muñoz-Gutiérrez, L. (2024). Calidad de plata de procedencias de árboles resineros de *Pinus oocarpa*. En Flores-Velázquez, R., Rojas-Díaz, E. y Reyes-Muro, L. (Comps.). *Memoria de la XIV Reunión de Nacional de Investigación Forestal*. INIFAP. Aguascalientes, Ags. pp: 195-197.

Venator, C.R. (1977). Formation of root storage organs and sprouts in *Pinus oocarpa* seedlings. *Turrialba, 27*, 41–46.

CARACTERIZACIÓN MACRO Y MICROSCÓPICA DE CEPAS DE *Suillus granulatus* (L.) Roussel *IN VITRO*

José Leonardo García-Rodríguez[1], Guillermo Pereira Cancino[2] y Jesús Pérez-Moreno[3]

[1] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México. [2] Laboratorio de Biotecnología de Hongos, Universidad de Concepción, Los Ángeles, Bío Bío, Chile[3] Departamento de Edafología, Colegio de postgraduados, campus Montecillo, Texcoco, Edo. de Mexico.

*Autor para correspondencia: garcia.leonardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Micelio, cultivo *in vitro*, hongos ectomicorrícicos.

Introducción

La ectomicorriza es una simbiosis mutualista de enorme importancia en la producción de plantas de especies forestales, como las del género *Pinus*, y es utilizada en programas de reforestación a gran escala para mejorar la nutrición, el crecimiento y la adaptación de las plantas al sitio de plantación. La identificación de las especies de hongos silvestres ectomicorrícicos (HSECM) es clave para la selección de las combinaciones óptimas de micobiontes y fitobiontes para una inoculación y micorrización exitosas de este tipo de hongos en plantas de especies forestales. La identificación de HSECM en terreno es posible mediante la descripción de los cuerpos fructíferos que producen, es decir, de la parte reproductiva del hongo que sobresale a la superficie (hongos epigeos) o que se encuentra semienterrada (hongos hipogeos). Sin embargo, no siempre existen cuerpos fructíferos disponibles en vivero o en campo para la identificación, la recolección y producción de inóculos. Los hongos son heterótrofos, utilizan carbono orgánico como fuente de energía, esto facilita el cultivo de su micelio en medios nutritivos artificiales y hace posible su estudio. La técnica de cultivo *in vitro* del micelio de HSECM permite el estudio de las características macro y microscópicas del micelio en cultivos puros y, en su caso, la obtención de inóculo de estos organismos, que posteriormente pueden utilizarse para obtener la síntesis micorrícica y explorar la capacidad de los HSECM para establecer simbiosis ectomicorrícica con especies arbóreas seleccionadas. Este tipo de estudio facilita la selección de los micobiontes más efectivos para la producción de planta en viveros forestales para el establecimiento de plantaciones forestales o, incluso para programas de plantaciones comerciales con especies forestales exóticas, sobre todo donde no existen micobiontes naturales. Tal es el caso de diferentes especies del género *Pinus* que se utilizan en todo el mundo como especies nativas o introducidas, de interés forestal por su madera y por ser fuente de celulosa para la fabricación de papel. *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) es una especie arbórea nativa del ambiente costero californiano, introducida en Chile hace más de un siglo. Actualmente, es la base de la industria forestal en diferentes países del hemisferio sur. En suelos arenosos de la Región del Biobío en Chile, hongos ectomicorrícicos (HECM) como *Suillus granulatus* (L.) Roussel crecen asociados a árboles de *Pinus radiata* y sus poblaciones silvestres fructifican de forma abundante (Pereira et al., 2007). Sin embargo, no existen estudios de caracterización macro y microscópica del micelio de *Suillus granulatus* en cultivos puros en Chile. Por tanto, el objetivo del trabajo fue estudiar las características macro y microscópicas del micelio de cepas cultivadas *in vitro* aisladas a partir de cuerpos fructíferos del HSECM *Suillus granulatus* recolectados en plantaciones comerciales adultas de *Pinus radiata* de la Región del Biobío, Chile.

Materiales y Métodos

Se utilizaron cuerpos fructíferos del HSECM *S. granulatus* recolectados en plantaciones adultas de *P. radiata* de la Región del Biobío, Chile, los cuales fueron identificados morfológicamente. Los aislamientos se realizaron en condiciones axénicas (campana de flujo laminar ESCO®, USA) a partir de trozos del contexto de cuerpos fructíferos íntegros. Los fragmentos fueron depositados en placas Petri de 50 mm de diámetro (Ø) y con 10 mL de medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) (HiMedia®, India) ajustado a 5.8 de pH. Las placas se incubaron a 24±1°C (incubadora BINDER®, Alemania) en obscuridad hasta obtener micelio con crecimiento activo (siete a 15 días); para la purificación de cepas de *S. granulatus* (cultivos stock), del micelio activo se tomaron trozos y se transfirieron a nuevas placas con igual medio de cultivo y

pH. La caracterización macro y microscópica de las cepas se realizó a partir de la observación de micelio puro en las etapas inicial (siete días) y madura (30 días) de cepas de *S. granulatus* para observar posibles diferencias en la morfología del micelio cultivado en función del tiempo de crecimiento. La caracterización macroscópica fue visual en el anverso y reverso de las placas, con lupa estereoscópica Olympus® SZ61. Con pinzas finas de disección se tomaron muestras de micelio de las cepas del hongo por cada etapa de crecimiento, se observaron y describieron las características morfológicas como el color de la cepa, textura, forma, tipo de margen y tipo de crecimiento. Se realizaron preparaciones temporales contrastadas con Rojo Congo, se observaron al microscopio óptico Olympus® CX31 con el objetivo 40X y se tomaron fotografías con cámara acoplada Moticam® 2000 (2.0 M Pixel USB 2.0). Las mediciones de las estructuras del micelio de las cepas, se realizaron en fotografías procesadas digitalmente en escala de grises por medio del procesador de imágenes digitales ImageJ 1.50i (Wayne Rasband/National Institutes of Health (NIH), Bethesda, MD, EUA), los valores promedio y características presentadas son el resultado de las observaciones realizadas en las cepas de diez placas por etapa de crecimiento. Se consideró el tamaño y forma de las hifas, ramificaciones, presencia de hifas moniliformes o submoniliformes, células engrosadas, presencia de fíbulas y anastomosis (Sánchez et al., 2000).

Resultados y Discusión

No existieron diferencias en cuanto a las características de los aíslados de *Suillus granulatus* en función de la etapa de crecimiento miceliar evaluada. En el haz de la placa el crecimiento del micelio presentó una coloración pardo claro o blancuzca, con zonas irregulares de micelio aéreo color marrón claro a crema, creciendo por encima de la colonia, con textura algodonosa, afelpada y a veces granulosa similar a lo observado por Miller et al. (1983) en medio Melin-Norkrans modificado. En algunos casos el tipo de micelio predominante es de color pardo oscuro y textura lisa, en otros el micelio crece denso y apretado en su mayoría postrado, originando una superficie tortuosa (con ondulaciones) en la superficie del medio. También se observó la presencia de gútulas cristalinas de color marrón claro a obscuro, en cepas jóvenes y viejas (Figura 1a y 1c).

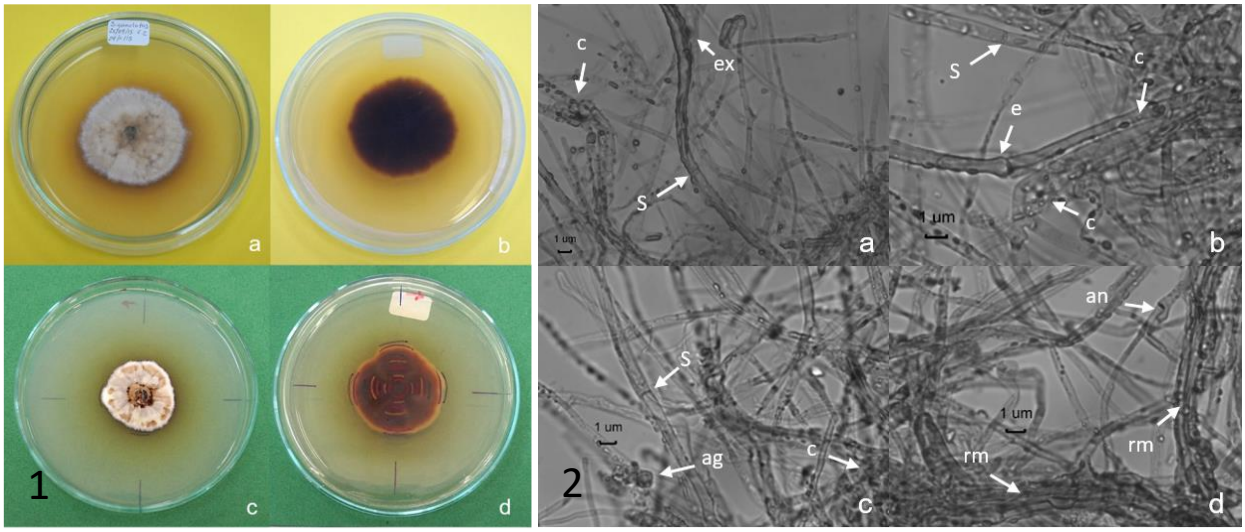


Figura 1. (1) Anverso de la placa con micelio aéreo de textura algodonosa afelpada (a) y micelio apretado (c) y reverso de la placa con micelio sumergido (b y d) de placas Petri con crecimiento miceliar de cepas representativas de *Suillus granulatus* (medio PDA, pH 5.8, 24±1°C en oscuridad, 30 días de cultivo *in vitro*); (2) Estructuras del micelio de *S. granulatus* (ag= agregados (partículas sólidas adheridas); an= anastomosis; c= cristales; e= engrosamientos; ex=exudados (pigmentos incrustados sobre la pared); f=fíbulas; he=hifas engrosadas; rm=rizomorfos y s=septos. (Medio PDA, pH 5.8, 24±1°C en oscuridad, 30 días de crecimiento *in vitro*) Fotografías tomadas con objetivo 40X.

En el envés de la placa, se observó gran cantidad de micelio sumergido altamente ramificado, el margen es de regular a ligeramente lobulado, rara vez circular y de color crema. Además, en el envés de la placa,

el medio de cultivo cambió de forma intensa su coloración a marrón obscuro, más intenso al centro que en el margen de la cepa. En cepas de 30 días de crecimiento fue posible distinguir zonas concéntricas de crecimiento solo si el cambio de color fue leve (Figura 1c y 1d). En general el micelio obtenido en el presente estudio coincide en características con el observado por Miller et al. (1983) y Sánchez et al. (2000), pero existieron diferencias en la coloración del micelio cultivado por Torres y Honrubia (1993a), quienes observaron coloraciones pardo-rojizas diferentes a las observadas en este estudio. Las cepas de *S. granulatus* produjeron hifas hialinas filamentosas tubulares, ligeramente ramificadas de paredes finas o delgadas y en su mayoría en perpendicular, entremezcladas. Las hifas mostraron septos y escasa presencia de fíbulas. Las hifas tuvieron diámetros que variaron de 1.0 a 4.6 µm, fue posible observar estrangulamientos y engrosamientos intercalares (entre tabiques o terminales) con diámetros entre 9.0 y 25.0 µm, ubicados junto a los septos o entre tabiques o terminales como indican Miller et al. (1983) y Sánchez et al. (2000). Las diferencias macroscópicas (coloración del micelio de las cepas), con otros trabajos, aunque sutiles, tienen implicaciones importantes, pueden sugerir que no se trata de una misma especie, sino de un conjunto de especies que comparten características entre sí. Lo anterior es posible conocerlo mediante estudios de biología molecular, aunque, la caracterización del micelio en cultivo *in vitro* es todavía una herramienta útil en la identificación de especies de HSECM y diferenciar cepas, también para coadyuvar en un uso biotecnológico eficiente de la simbiosis ectomicorrícica en la producción de planta en viveros forestales, a través de la mejorar de las tasas de crecimiento de las cepas en medios de cultivo y asegurar la calidad de los inoculantes obtenidos. Fue posible observar anastomosis así como ramificaciones simples y se registró la formación rizomorfos *in vitro* por esta especie hongo. Adheridas a las hifas se existieron abundantes gotas de exudados de color marrón a marrón amarillento (pigmentos incrustados sobre la pared) (Figura 1 (2a, 2b, 2c y 2d)), similares a los observados por Nouhra y Becerra (2001), aunque en micelio resultante de la síntesis micorrícica con *Pinus elliottii* Engelm.

Conclusiones

Se confirma que a partir de cuerpos fructíferos de *Suillus granulatus* recolectados en plantaciones adultas de *Pinus radiata* es posible realizar aislados y cultivar cepas de este hongo en medios de cultivo sólidos *in vitro.* Con las cepas aisladas fue posible describir las principales características macro y microscópicas del micelio producido por *S. granulatus*. Se determinó que las diferencias son principalmente en la coloración de las cepas y no así en cuanto a las dimensiones de las estructuras del micelio, las cuales son similares a las del micelio de cepas de trabajos similares realizados sobre la misma especie. La caracterización del micelio en cultivo *in vitro* es crucial para diferenciar cepas y el éxito de diversas aplicaciones biotecnológicas en la producción de planta en viveros forestales, porque permite identificar los hongos micorrícicos presentes en un ecosistema, optimizar su crecimiento en medios artificiales y asegurar la calidad de los inoculantes obtenidos.

Referencias bibliográficas

Miller O, SL Miller, JG Palmer. 1983. Description and identification of selected mycorrhizal fungi in pure culture. Mycotaxon 18:457-481.

Nouhra ER, AG Becerra. 2001. Síntesis micorrícica de Suillus granulatus (Eumycota) y plantines de Pinus elliottii (Pinaceae). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 36:209-215.

Pereira G, J Herrera, A Machuca, M Sánchez. 2007. Efecto del pH sobre el crecimiento in vitro de hongos ectomicorrícicos recolectados de plantaciones de Pinus radiata. Bosque 28:215-219.

Sánchez F, M Honrubia, P Torres. 2000. Características culturales de algunos hongos ectomicorrícicos en cultivo puro. Revista Iberoamericana de Micología 17:127-134.

Torres P, M Honrubia. 1993a. Descripción de algunos hongos ectomicorrícicos en cultivo puro. Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid 18:163-170.

SECCIÓN 4

Conservación y restauración forestal



“BOSQUES PLANTADOS COMERCIALES DE *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC” / Bayron Alexander Ruíz Blandón

MAPAS DE CALOR DE LA PRESENCIA DE MAMÍFEROS EN EL SITIO EXPERIMENTAL LAS MARGARITAS, HUEYTAMALCO PUEBLA

Manuel de los Ángeles-Evangelista[1], Casimiro Ordóñez-Prado[2*], Ramiro Puc-Kauil[1], Martha Elena Fuentes-López[1], Maribel Álvarez-Muñoz[3]

[1]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, [2]C. E. San Martinito, INIFAP y [3]Prestador de Servicios Técnicos.

*Autor para correspondencia: ordonez.casimiro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Monitoreo de fauna, interpolación espacial, conservación de mamíferos.

Introducción

Los mamíferos desempeñan un papel ecológico importante dentro de los ecosistemas, ya que son dispersores de semillas; reguladores de plagas; aireadores del suelo, con la construcción de sus madrigueras; además son controladores del crecimiento y distribución de las plantas (Del Rio-García *et al.*, 2014). Sin embargo, estos se ven continuamente asediados por la caza ilegal, y por la modificación de sus hábitats por actividades antropológicas como la agricultura y la ganadería. Los bosques tropicales del norte y noreste del estado de Puebla presentan una alta alteración. Particularmente, la vegetación de selva nativa se ha reducido a pequeñas islas, lo que afecta la comunicación y movilidad de los mamíferos medianos (Ordóñez-Prado *et al.*, 2023). Ante este panorama, estudiar la distribución espacial de la presencia de los mamíferos es importante para definir áreas prioritarias de conservación. Los mapas de calor en el monitoreo de fauna son representaciones visuales basadas en datos geoespaciales que permiten analizar y comprender patrones y variaciones en los sistemas naturales y urbanos. Estos mapas se generan a partir de la recopilación de datos de diversas fuentes, como las cámaras-trampa y con la información de coordenadas se puede representar el registro de especies en forma de hematomas o mapas de calor. Estos mapas de calor son generadoras mediante modelos de predicción espacial y representan la probabilidad de un evento en función de datos cercanos observados. En el caso de los mamíferos, representa el posible número de individuos o riqueza en una zona. Estos pueden ser simbolizados de forma directa por densidad de registros con sencillas opciones dentro de programas como QGIS y obtener mapas de riqueza basados en densidad de datos o densidad de especies (Isossoma, 2023). El objetivo del trabajo fue evaluar la distribución espacial de los mamíferos grandes y medianos del Sitio Experimental Las Margaritas mediante el apoyo de mapas de calor.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en los bosques tropicales del Sitio Experimental Las Margaritas, localizado al noroeste del estado de Puebla entre los municipios Hueytamalco y San José Acateno (Figura 1), a una altitud de entre los 450 y 500 msnm. La vegetación predominante es la Selva Mediana Perennifolia, cuyas especies dominantes son: *Brosimum alicastrum* Sw., *Croton draco* var. draco Schltld. et Cham., *Matudaea trinervia* Lundell, *Cymbopetalum baillonii* R. E. Fr., *Guatteria amplifolia* Triana & Planch., *Alchornea latifolia* Sw., *Dussia mexicana* (Standl.) Harms, y en menor proporción, *Cedrela odorata* L., *Swietenia macrophylla* King y *Quercus spp*. (Ordóñez-Prado *et al.,* 2022).

Se trabajó con una base de datos de registro de mamíferos, generada a partir de cámaras trampas distribuidas aleatoriamente en el Sitio Experimental Las Margaritas de 2016 a 2022, las cámaras fueron colocadas con una separación mínima de 500 m entre ellas y la información fue registrada cada mes. La base de datos fue construida con la siguiente información: ID de la cámara, coordenadas de latitud y longitud en UTM, especie y número de individuos observados.

Los mapas de calor se realizaron en el software libre Qgis® versión 3.42.0, empleando el método IDW, en el cual se definieron los parámetros de interpolación, el número de registros de cada sitio y se delimitó el área de estudio a los límites del Sitio Experimental “Las Margaritas”. Se estableció una resolución espacial de 1 m por pixel. Posteriormente, se realizó una categorización de las predicciones del mapa de calor.

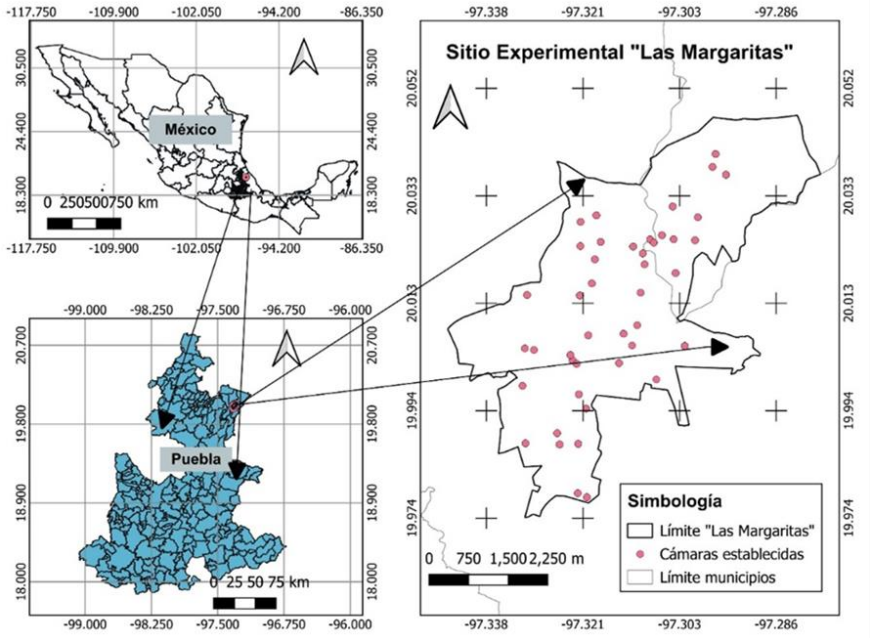
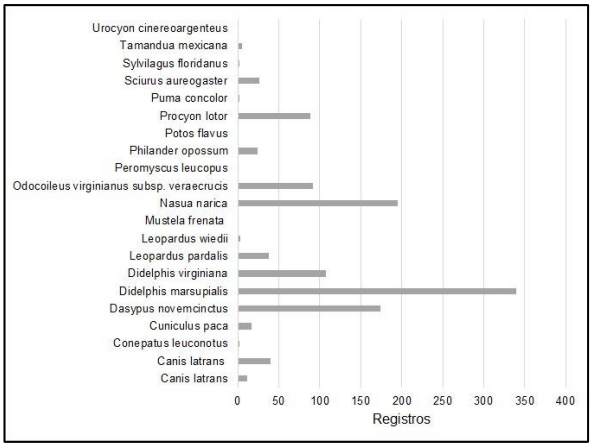


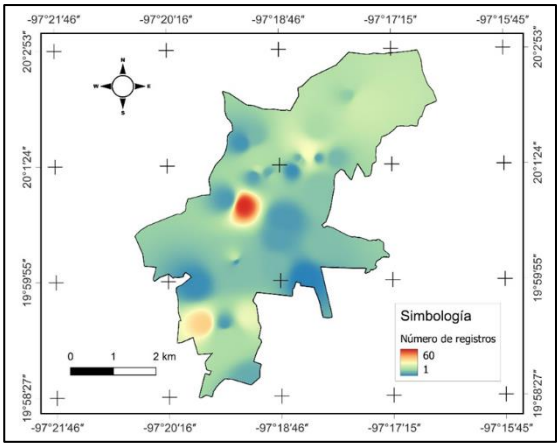
Figura 1. Área de estudio y distribución de cámaras de fototrampeo, para el monitoreo de mamíferos en el Sitio Experimental “Las Margaritas”.

Resultados y discusión

En el monitoreo continuo (2016-2022) de los mamíferos medianos y grandes en el Sitio Experimental “Las Margaritas” se han registrado 21 especies. Los marsupiales presentan el mayor número de individuos con aproximadamente 450 registros. No obstante, se destaca el registro de cuatro felinos, entre ellos el puma (*Puma concolor*). En la Figura 2a se presenta el número de registros por especie de mamíferos medianos.

El mapa de calor que muestra la probabilidad de mamíferos a lo largo y ancho del Sitio Experimental “Las Margaritas”, es resultado de la interpolación espacial IDW (Figura 2b). Este mapa muestra claramente zonas de agrupamiento de los mamíferos, las cuales se encuentra en las áreas con mayor vegetación del área de estudio. Lo que indica que los bosques tropicales de las Margaritas están funcionando como refugios de la fauna silvestre (Figura 2b). Las áreas con menor presencia de mamíferos corresponden a las destinadas para el pastoreo bovino; porque hay mayor presencia de actividad humana. Si bien, el estudio de la distribución espacial se realizó en una superficie relativamente pequeña (2523 ha), aun así, se obtuvieron registros importantes y similares a otras regiones. Por ejemplo, los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Ramos-Vizcaíno *et al.* (2007) quienes reportan una alta riqueza de la fauna de mamíferos que se distribuye en la zona noreste de Jalisco, zona estimada a partir de análisis espaciales. Con estos hallazgos, los autores proponen la zona como prioritaria para la investigación, con lo cual, se establecerían las bases para la conservación y representación de los taxa y la riqueza de la mastofauna característica de dicha región.





a b

Figura 2. Registros por especies de mamíferos medianos (2a) y mapa de calor de la distribución espacial de la fauna (2b), del Sitio experimental “Las Margaritas”.

Conclusiones

Los estudios geoespaciales son poco empleados, pero estos generan información importante para la toma de decisiones. El mapa de calor obtenido muestra la distribución espacial de los mamíferos en el Sitio Experimental Las Margaritas es una herramienta clave para definir áreas prioritarias de conservación de la fauna. Exhibe la importancia de conservar este ecosistema y los riegos que conlleva la alteración o perdida de la vegetación tropical. Las zonas de mayor presencia de mamíferos se encuentran ubicadas en el bosque natural, mientras que las zonas de menor actividad de los mamíferos son zonas de reforestación, plantaciones, zonas de menor cobertura vegetal, cerca de caminos, carreteras y población.

Referencias bibliográficas

Del Rio-García, I. N., Espinoza-Ramírez, M. K., Luna-Krauletz, M. D. y López-Hernández, N. U. (2014). Diversidad, distribución y abundancia de mamíferos en Santiago Comaltepec, Oaxaca, México. Agroproductividad, 7(5), 17-23.

Isossoma (2023). Mapas de calor en monitoreos ambientales: herramientas estratégicas para empresas sostenibles. México: Monitoreo ambiental. Disponible en: https://isossoma.pe/%E2%96%B6-mapas-de-calor-en-monitoreos-ambientales-herramientas-estrategicas-para-empresas-sostenibles-%F0%9F%97%BA%F0%9F%8E%87/

Ordóñez-Prado, C., Fuentes-López, M. E., Guerra-De la Cruz, V., Ortega-Vázquez, G. y Álvarez-Muñoz, M. (2023). Diversidad de mamíferos medianos y grandes del Sitio Experimental Las Margaritas, Sierra Nororiental de Puebla. Revista Mexicana de Ciencias Forestales,14(78), 87-116.

Ordóñez-Prado, C., Tamarit-Urias, J. C., Buendía-Rodríguez, E. y Orozco-Gutiérrez, G. (2022). Estimación e inventario de biomasa y carbono del bambú nativo *Guadua aculeata* Rupr. en Puebla, México. Agroecosistemas Tropicales y Subtropicales, 25(47), 1-47.

Ramos-Vizcaíno, I., Guerrero-Vázquez, S., & Huerta-Martínez, F. M. (2007). Patrones de distribución geográfica de los mamíferos de Jalisco, México. Revista mexicana de biodiversidad, 78(1), 175-189.

CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CUENCA TIERRA Y LIBERTAD, CHIAPAS, MÉXICO

Gerardo Colín-García[1]*, Elvira Lucas-Alejo[2], Martín Alejandro Bolaños-González[2], Patricio Sánchez-Guzman[2], Eileen Salinas-Cruz[1], Ángel Saúl Cruz-Ramírez[3], Blanca Estela Santiago-Mejía[4]

[1]CIRPAS C.E. Centro de Chiapas; [2]Postgrado en Hidrociencias Campus Montecillo, COLPOS; [3]CENID-COMEF, INIFAP, [4]CIRNE C.E. Río Bravo

*Autor para correspondencia: colin.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: clasificación supervisada, índices de vegetación, random forest.

Introducción

El análisis continuo de la distribución espacial del uso de suelo es fundamental para la planeación de las actividades de desarrollo sostenible en cualquier área geográfica. Además, es un insumo clave para diversos estudios de investigación relacionados con los efectos del cambio climático en el escurrimiento superficial y balance hídrico, la geomorfología, la gestión de las aguas subterráneas, el manejo del conocimiento social de los recursos naturales y el monitoreo del crecimiento de las áreas agrícolas (Loukika *et al.*, 2021). No obstante, la generación de mapas de uso de suelo implica el uso de equipos con grandes capacidades de almacenamiento, alta potencia de procesamiento y flexibilidad para la aplicación de diversos métodos de clasificación. Para ello, se recomienda ampliamente utilizar la plataforma en la nube de Google Earth Engine (GEE), que integra grandes volúmenes de datos de teledetección provenientes de múltiples fuentes y ofrece un servicio informático de alto rendimiento, lo que permite el procesamiento rápido y eficiente de imágenes satelitales (Gorelick *et al.*, 2017).

Diversos estudios previos han documentado los cambios de uso de suelo en diversas regiones de Chiapas (Escobar y Castillo, 2021; Culebro *et al*., 2024). Sin embargo, existe poca información específica sobre la dinámica espacial y temporal en la Cuenca Tierra y Libertad (CTL) que se localiza en el municipio de Jiquipilas, Chiapas.

Actualmente la CTL enfrenta problemas de deforestación causados, principalmente, por el cambio de uso del suelo forestal a agropecuario, para la expansión de pastizales y áreas de cultivo. En este contexto, el objetivo principal del presente estudio fue analizar el cambio de uso de suelo en la CTL durante el periodo comprendido entre los años 2015 y 2025, mediante la clasificación supervisada de imágenes multiespectrales de los satélites Landsat 8 y Sentinel 2.

Materiales y métodos

La CTL se localiza en el oeste del estado de Chiapas, y comprende una superficie de 16,650.72 ha. Su cauce principal es el río Santa Catarina, con una longitud de 26.96 km, que fluye desde la Sierra Madre de Chiapas hasta su punto de salida ubicado en las coordenadas 16°27′24.62″ de Latitud Norte y 93°46′39.96″ de Longitud Oeste. Además, se caracteriza por un relieve accidentado, particularmente en las zonas media y alta, con altitudes que varían entre 589 y 1,612 msnm, y una pendiente media de 18.29 %. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación promedio anual de 1474.07 mm y temperatura media anual de 26.75 °C.

La clasificación supervisada del uso de suelo en la CTL se realizó mediante la combinación de índices de vegetación calculados utilizando imágenes multiespectrales de Landsat para el año 2015 (22 de enero de 2015), con resolución espacial de 30 metros, y Sentinel para el año 2025 (19 de enero de 2024) con resoluciones espaciales de 10 y 20 metros. Ambas imágenes satelitales presentaron un porcentaje de nubosidad menor al 10 %. Se definieron tres clases principales de uso de suelo: bosque (BOSQ), zonas agrícolas (AGRO) y asentamientos humanos (ZURB). Posteriormente, se calcularon índices de vegetación a partir de las imágenes satelitales, que permiten determinar la relación cuantitativa y funcional con diferentes variables biofísicas de la vegetación, donde cada píxel representa un sistema suelo-vegetación único. Para la clasificación supervisada se utilizaron el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

(NDVI) (Ecuación 1), el Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) (Ecuación 2) y el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (Ecuación 3).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$SAVI = \left(\frac{NIR - RED}{NIR + RED + 0.5}\right) \times 1.5 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde RED es la reflectancia superficial de las bandas roja, NIR es la reflectancia superficial de la banda del infrarrojo cercano, $SWIR$ es la reflectancia superficial de la banda del infrarrojo de onda corta.

Para llevar a cabo la clasificación supervisada se ejecutó el algoritmo de clasificación automático Random Forest (RF). RF es un clasificador que utiliza un conjunto de árboles de clasificación y regresión para realizar una predicción (Breiman, 2001). Mediante la generación de múltiples árboles de decisión utilizando una selección aleatoria de conjuntos de datos y variables de entrenamiento, de manera interna, las muestras no utilizadas en el entrenamiento se utilizan para evaluar el rendimiento del clasificador y proporcionar una evaluación imparcial del error de generalización. Para establecer la división adecuada para la construcción de un árbol, RF selecciona variables aleatoriamente de las muestras de entrenamiento en cada nodo. Los dos factores de entrada más importantes para RF son el número de parámetros y árboles, ambos definidos por el usuario. Según la literatura, el número óptimo de árboles a contar oscila entre 100 y 500, y el número óptimo de variables contadas es el cuadrado del conjunto de variables. El conjunto de datos se dividió en dos grupos: de entrenamiento y de validación. Los primeros corresponden al 70 % y los segundos al 30 %. Posteriormente, se obtuvo la matriz de confusión que es un método ampliamente utilizado para evaluar la precisión de la clasificación de uso de suelo. Finalmente, se calcularon las métricas cuantitativas Precisión Global (PG) y el Coeficiente Kappa (k).

Resultados y discusión

El análisis del cambio de uso del suelo en la CTL muestra una transformación significativa entre los años 2015 y 2025. Las áreas boscosas (BOSQ) disminuyeron de manera considerable, con una distribución más fragmentada y restringida a las zonas de mayor altitud, lo que representa una pérdida total de 655.30 ha. En contraste, las áreas agrícolas (AGRO) continuaron expandiéndose, consolidando la tendencia de conversión de bosques a tierras agrícolas, con una ganancia de 606.74 ha. En la Figura 1 se muestra la distribución espacial de las clases de uso de suelo en la CTL para los años analizados.

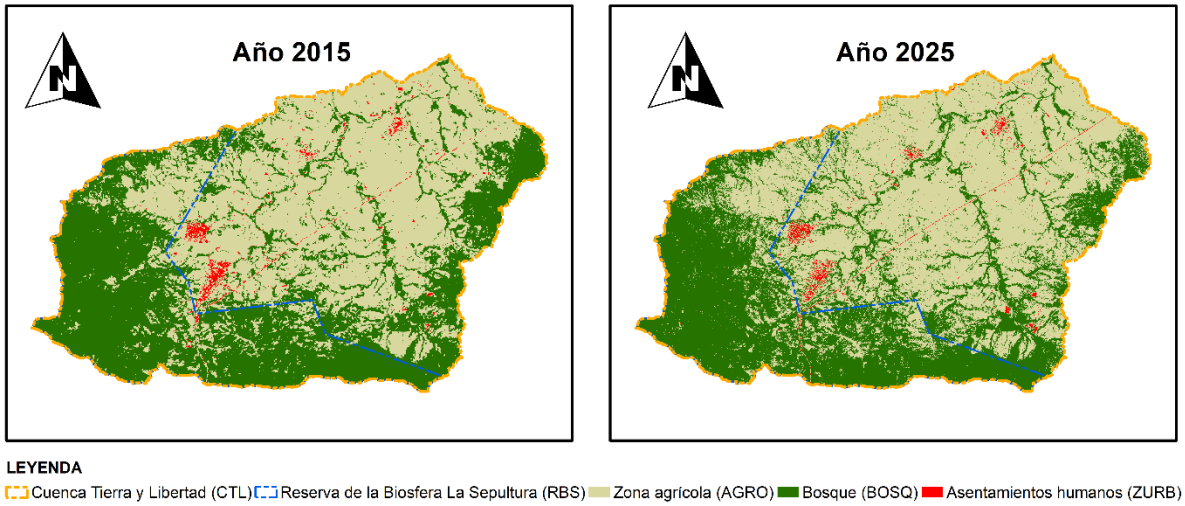


Figura 1. Distribución espacial del uso de suelo en la CTL para el año 2015 y 2025.

Los indicadores de evaluación muestran un buen desempeño del modelo de clasificación supervisada en ambos años. Para el año 2015, se obtuvo una PG de 93.56 % y un valor de k de 86.62 %. Para el año 2025 los resultados fueron similares, con una PG de 93.24 % y un valor de k de 92.14 %, lo que indica una alta concordancia entre los datos clasificados y la realidad observada.

De manera general, los resultados confirman el impacto de las actividades humanas en la transformación del paisaje de la CTL. La apertura de nuevas áreas para el establecimiento de pastizales y cultivos ha incrementado la fragmentación del bosque, lo que conlleva una reducción de la biodiversidad y de los recursos naturales. Además, se ha generado un nivel considerable de afectación de la provisión de servicios ecosistémicos, con consecuencias tanto para la población humana, como para la flora y fauna que habitan la CTL.

La parte alta de la CTL se ubica dentro del territorio de la Reserva de la Biosfera La Sepultura (RBS) con una superficie de 6,069.59 ha, es decir, el 36.47 % de la cuenca. Por lo cual, en esta área el cambio de uso de suelo es un tema transcendental debido a la presión que ejercen las actividades humanas en la zona. Los resultados muestran que la transición de bosques a áreas agropecuarias es una causa significativa de cambio de uso de suelo, así como, en otras regiones del estado de Chiapas (Escobar y Castillo, 2021; Culebro *et al*., 2024).

Conclusiones

La Cuenca Tierra y Libertad (CTL) en el estado de Chiapas experimentó cambios significativos en el uso de suelo durante el periodo analizado, impulsados principalmente por la apertura de nuevas áreas para pastizales y cultivos. Esta dinámica provocó una pérdida neta de 655.30 ha de cobertura forestal, concentrada principalmente en las zonas media y alta de la cuenca. Por lo tanto, se requiere el establecimiento de acciones en conjunto con los diversos actores que participan en el manejo integral del paisaje de la CTL para el desarrollo rural sostenible considerando tanto la conservación de los recursos naturales, así como, la competitividad del sector agropecuario y forestal, ya que, la conversión continua de bosques hacia usos agropecuarios no solo representa una amenaza para la biodiversidad, sino que también compromete la provisión de servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades locales y el entorno natural.

Agradecimientos y fuente financiadora

A TNC-México por el financiamiento del proyecto de investigación Fortalecimiento a la Red de Innovación Territorial (RITER) en agricultura y ganadería sustentable, en la Región de la Frailesca y otras regiones en Chiapas.

Referencias bibliográficas

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32.

Culebro-González, S. G., Carrillo Reyes, A., Rioja Paradela, T. M., Paz-Tenorio, J., & Santizo López, L. (2024). Análisis espacio-temporal de la vegetación y uso de suelo para la zona sur de la reserva biosfera selva “El Ocote” y su área adyacente, en Chiapas, México. Papeles de Geografía, (69).

Escobar Flores, Rosa Elena, & Castillo Santiago, Miguel Ángel. (2021). Cambios en la cobertura y uso del suelo en la región del Soconusco, Chiapas. Revista mexicana de ciencias forestales, 12(66), 46-69. Epub 04 de octubre de 2021.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.

Loukika, K. N., Keesara, V. R., & Sridhar, V. (2021). Analysis of Land Use and Land Cover Using Machine Learning Algorithms on Google Earth Engine for Munneru River Basin, India. Sustainability 2021, Vol. 13, Page 13758, 13(24), 13758.

CARACTERÍSTICAS DE PLANTAS DE *Agave durangensis* PRODUCIDAS CON SUSTRATO COMPUESTO POR ASERRÍN DE PINO

Celi Gloria Calixto-Valencia[1*]; José Ángel Sigala-Rodríguez[2]; Erickson Basave-Villalobos[2]
[1]Campo Experimental Iguala, CIR Pacífico Sur; [2]Campo Experimental Valle del Guadiana, CIR Norte-Centro, INIFAP

*Autora para correspondencia: calixto.celi@inifap.gob.mx

Palabras clave: agave, sustratos, producción de planta.

Introducción

Para la producción de planta forestal en vivero se han probado una gran variedad de sustratos alternativos con la finalidad de reducir los costos de producción y al mismo tiempo obtener planta con las características morfológicas y fisiológicas deseadas. Sin embargo, estos deben reunir las características físicas y químicas adecuadas que permitan un buen crecimiento y desarrollo de la raíz, lo cual a su vez afecta la absorción de agua y nutrientes necesarios para un buen funcionamiento y producción de biomasa. Algunos de los principales materiales evaluados en trabajos de investigación son: polvo de coco, fibra de coco, corteza de pino, aserrín, tierra de río; estos de forma individual o combinados con turba, material que trata de sustituirse o reducir su uso debido a su alto costo en el mercado. El aserrín es uno de los materiales que ha recibido atención para uso como sustrato para producir planta forestal debido a su elevada disponibilidad en los aserraderos y bajo costo. No obstante, se considera que el empleo de este material puede presentar problemas de tipo técnico si no se usa en forma adecuada, ya que tiene una capacidad limitada de retención de agua y puede inducir deficiencias nutrimentales por inmovilización debido la descomposición biológica de grandes cantidades de celulosa (Abad *et al*, 2004; Ramírez, 2024). En contraparte, hay trabajos que sugieren la factibilidad de su empleo en mezclas con otros materiales (Domínguez *et al*., 2023), ya que en efecto no existe un sustrato que por sí solo reúna todas las características ideales para el crecimiento de las plantas, puesto que además los resultados pueden variar conforme a las exigencias específicas. (González *et al.,* 2018; Cervantes *et al*., 2018). La mezcla de aserrín con turba, perlita y vermiculita ha funcionado satisfactoriamente como sustrato, pero lo cierto es que aún se depende del empleo de estos tres componentes que representan para los viveristas problemas de tipo económico por el precio y suministro. Por lo tanto, la identificación de sustratos alternativos o la definición de proporciones de los componentes en las mezclas que ayuden a reducir costos y que garanticen condiciones adecuadas para las plantas en el medio de crecimiento, continúa siendo un tema de interés. El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto del uso de aserrín de pino de diferentes tiempos de almacenamiento como componente de la mezcla de sustrato en las características morfológicas de plantas de *Agave durangensis* Gentry.

Materiales y métodos

El experimento se estableció en el invernadero del Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP, Durango, México. Localizado en el Km 4.5 de la carretera Durango- El Mezquital, en las coordenadas: 23^0 $59'$ $26''$ N y 104^0 $37'$ $24''$ O a una altitud de 1806 msnm. La planta de agave se produjo en envases de 180 mL. Se probaron siete mezclas de sustrato: 1) aserrín nuevo 25 % + mezcla base 75%, 2) aserrín nuevo 50 % + mezcla base 50 %, 3) aserrín nuevo 75 % + mezcla base 25 %, 4) aserrín viejo 25 %+ mezcla base 75 %, 5) aserrín viejo 50% + mezcla base 50 %, 6) aserrín viejo 75 %+ mezcla base 25 %, 7) Mezcla base 100 % (50 % de peat moss, 30 % de corteza y 20 % perlita). Para cada mezcla se determinó la porosidad, retención de humedad y agua fácilmente disponible. Se aplicó fertilización base con 6 g L^{-1} de fertilizante de liberación controlada (Multicote® 18-6-12 NPK). La siembra se efectuó directamente en el contenedor. Cada tratamiento estuvo representado por 32 plantas individuales producidas en contenedores distribuidas

en cuatro repeticiones de ocho plantas. El arreglo espacial de los tratamientos se efectuó mediante un diseño completamente al azar. Las plántulas de *A. durangensis* emergieron a los siete días después de la siembra. Transcurridos nueve meses, se retiró el sustrato de la raíz, se contó el número total de hojas y se hizo un análisis destructivo de las plantas: se secaron en una estufa de aire forzado a 70ºC durante 72 h para obtener el peso seco de hojas, tallo, raíz y total, para lo cual se utilizó una balanza (Balance®2001, MyWeigh®). Para determinar el efecto de tratamientos en las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza con la prueba de Kruskal Wallis (nivel de significancia de α= 0.05). Se hizo una comparación de medias por pares.

Resultados y discusión

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos en cada una de las variables analizadas: biomasa total ($p<0.0001$), biomasa de raíz ($p<0.0435$), biomasa de tallo y hoja ($p<0.0001$) y número total de hojas ($p<0.0001$). Las plántulas con mayor producción de biomasa tanto de raíz como parte aérea y total fueron las que crecieron en la mezcla de aserrín nuevo 25 % + mezcla base 75 %. Dichas plántulas presentaron mejores características que las que crecieron en mezcla base (50 % de peat moss, 30 % de corteza y 20 % vermiculita). El tratamiento que promovió mayor biomasa total fue T1 (2.03 g). Lo anterior pudiera deberse a que el tratamiento antes mencionado cuenta con un valor adecuado de porosidad 60 %, necesario para un buen crecimiento y desarrollo de *A. durangensis*. En estudios realizados por Rosales (2013), indica que las plantas de agave que crecen en sustrato de mezcla base con una porosidad entre 53 y 60 % permiten un crecimiento y desarrollo adecuado de la planta. La disponibilidad de oxígeno en la raíz es fundamental para que se realice el proceso de absorción de nutrientes y agua de las plantas, la cual se verá reflejado en el crecimiento de la planta (Makita *et al*., 2015).

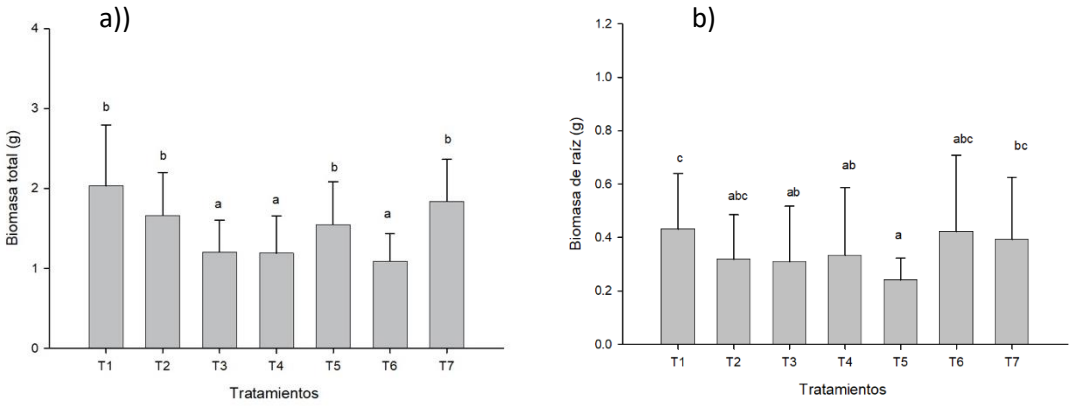


Figura 1. Biomasa total (a) y biomasa de raíz (b) en plantas de *Agave durangensis* bajo producción en diferentes proporciones de aserrín y mezcla base. Las letras distintas entre tratamientos indica diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$).

En relación con la biomasa de raíz los tratamientos con mayor producción de raíz fueron: T1 (aserrín nuevo 25% + mezcla base 75%) y T6 (aserrín viejo 75 % + mezcla base 25%), los cuales presentaron estadísticamente el mismo valor (0.43 g y 0.42 g) respectivamente; figura 1b. Para que exista un buen crecimiento de raíz, además de porosidad, un sustrato debe presentar valores adecuados de agua fácilmente disponible entre 20 % y 30% (Pascual *et al*., 2018). Por lo que los valores de agua fácilmente disponible en los sustratos T1 (19 %) y T6 (30%) coinciden con la recomendación anterior.

Para la variable número de hojas, indicadora de vigor, los tratamientos que presentaron mayor número fueron T1 con un promedio de 5.26 y T7 con un promedio de 5.11. Las plantas de agave con buenas características para el establecimiento en campo deben presentar entre 5 a 6 hojas (Hernández *et al.,* 2008;

Rosales et al., 2013). Por último, en cuanto a la producción de biomasa tallo y hojas, el tratamiento T1 (1.60 g) y T7(1.31 g) mostraron una tendencia similar a la variable número de hojas (Figura 2).

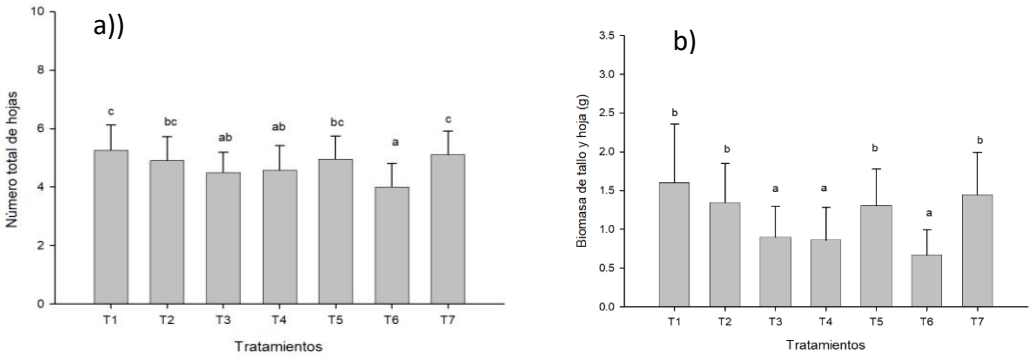


Figura 2. Número total de hojas (a) y biomasa de tallo y hojas (b) en plantas de *Agave durangensis* bajo producción en diferentes proporciones de aserrín y mezcla base. Las letras distintas entre tratamientos indica diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$).

Conclusiones

De acuerdo con los resultados evidenciados el aserrín es un material que puede ser utilizado como componente de la mezcla base en una proporción de 25 %, para la producción de planta de agave en vivero. Se comprueba que al utilizar aserrín de pino en las proporciones adecuadas se puede producir planta con buenas características morfológicas. Se recomienda en estudios posteriores evaluar el efecto a nivel fisiológico y el beneficio económico de este tipo de mezclas.

Agradecimientos

El presente trabajo fue financiado con recursos fiscales del INIFAP mediante el proyecto “Integración de tecnologías para la restauración agroecológica de tierras marginales en ecosistemas semiáridos del Norte-Centro de México”

Referencias bibliográficas

Abad, B.M., M. Noguera M y C. Carrión, B. 2004. Los sustratos en el cultivo sin suelo. En Urrestarazu G. M.(ed.). Tratado de cultivos sin suelo. Mundi Prensa. Madrid, España.

Hernández, V. V., O. G Orea L, A. Cifuentes D y S. Gomez O. 2008. Desarrollo de plántulas de *Agave durangensis* en tres sistemas de enviverado. Vidsupra. 1(3): 33-37.

Makita, N., Y. Hirano, T. Sugimoto, T. Tanikawa y H. Ishii. 2015. Intraspecific variation in fine root respiration and morphology in response to in situ soil nitrogen fertility in a 100-year-old Chamaecyparis obtusa forest. Oecologia. 179: 959–967. Doi. https://doi.org/10.1007/s00442-015-3413-4

Pascual, J. A., F. Ceglie, Y. Tuzel, M. Koller, A. Koren A, R. Hitchings and F. Tittarelli. 2018. Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. Agronomy for Sustainable Development. 38(3): 35-38.

LA BIODIVERSIDAD COMO INDICADOR DE ACCIONES POST RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN SITIOS CON HISTORIAL DE EXPLOTACIÓN MINERA

César Antonio Salas-Martínez[1]*, Jorge Alberto Flores-Cano[1], Felipe Barragán-Torres[2], César Posadas-Leal[1], Catarina Loredo-Osti[1]

[1]UASLP, Facultad de Agronomía y Veterinaria, [2]IPICYT, Ciencias Ambientales

*Autor para correspondencia: cesar_salaas@hotmail.com

Palabras clave: Restauración ecológica, biodiversidad, minería.

Introducción

El estudio se realizó en el patio de lixiviación de Minera San Xavier, que se localiza en el municipio Cerro de San Pedro, San Luis Potosí, México (22°11'24" N-100°49'12" O), en un ecosistema semiárido. Su historial de explotación comprende desde que empezó en 2007, hasta 2016 cuando se anunció el fin de los procesos de excavación y el inicio del cierre (Tetreault, 2019), así como las actividades de restauración. En 2020 se realizó una reforestación como parte de las últimas actividades en una superficie de 100 ha, con una densidad de 942 Ind/ha, con 25 spp. nativas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la diversidad espacio-temporal de comunidades de flora y mastofauna (mamíferos), observadas durante el periodo primavera-invierno 2024, a cuatro años del fin de actividades en el patio, y donde se realizó una estrategia de restauración, a través de una reforestación.

Materiales y métodos

En la zona perteneciente a la actividad minera se seleccionaron dos sitios con diferentes condiciones (Cuadro 1); uno ubicado dentro de la superficie reforestada destinada a la rehabilitación ecológica, y otro sitio cercano (referencia) ubicado en superficie sin actividad minera previa y no reforestada, pero más o menos conservada.

Cuadro 1. Estimadores de diversidad para vegetación, caracterizada por tipo de estrato y condición.

Parcela	Estrato	Abundancia (N)	Condición	Orden.q	qD	qD. LCL	qD.UCL
1 m^2	Herbáceo	148	Reforestado	0	7.0	5.3	8.7
				1	2.2	1.8	2.6
				2	1.5	1.3	1.8
		173	Referencia	0	14.0	12.3	15.7
				1	5.9	4.8	6.9
				2	3.3	2.6	4.0
507 m^2	Arbustivo-	308	Reforestado	0	17.0	14.9	19.1
				1	10.2	9.1	11.3
				2	7.4	6.2	8.6
		2114	Referencia	0	28.0	24.0	32.0
				1	11.8	11.4	12.3
				2	9.0	8.6	9.4

Métricas de diversidad y abundancia según Moreno (2001), y los estimadores q_0, q_1, q_2 fueron los propuestos por Jost (2006).

En ambos sitios la flora fue caracterizada mediante muestreos y registros de información ecológica en 60 parcelas circulares (507 m²), cada una con una subparcela cuadrada (1 m²) en su centro, distribuidas igualitaria y equitativamente en ambas condiciones para los distintos estratos (herbáceo y arbustivo-arbóreo), según la estabilidad y acceso del terreno, con distancias aproximadas de 50 m entre cada una

de ellas. Para flora y mastofauna se calcularon las métricas de diversidad como: riqueza, abundancia, dominancia y equidad (Moreno, 2001), y los estimadores q_0, q_1, q_2 propuestos por (Jost, 2006), quien divide la diversidad en tres órdenes de magnitud: q0 representa la riqueza de especies y no es sensible a la abundancia, q1 se refiere al número efectivo de especies o exponencial del índice de diversidad de Shannon-Wienner, el cual considera todas las especies igualmente abundantes, y q2 es el inverso de Simpson y da peso a las especies dominantes. Para evaluar la diversidad de cada grupo, los datos fueron analizados con los Softwares EstimateS e iNext (versión 8.2, 2009; online, 2016), comparando condición y estacionalidad con curvas de rarefacción. Se calculó el índice de valor de importancia (IVI) para cada una de las especies vegetales, mismas que fueron recolectadas, depositadas y resguardadas en el Herbario Isidro Palacios (SLPM), garantizando su respaldo científico. La mastofauna fue evaluada mediante técnicas de trampeo y observación, dependiendo de su grupo: trampas Sherman para mamíferos pequeños a través de captura viva, con 270 noche trampa por estación (verano, otoño e invierno) y 26 cámaras activas de fototrampeo para mamíferos medianos y grandes, con una cobertura temporal de nueve meses.

Resultados y discusión

Se registraron 47 especies vegetales, no se encontraron diferencias significativas entre la condición reforestada y la condición de referencia, en los tres órdenes de diversidad (q^0, q^1 y q^2) del estrato arbustivo-arbóreo. Sin embargo, para el estrato herbáceo si se encontraron diferencias significativas entre ambas (Fig. 1), donde los valores más altos correspondieron a la condición de referencia. La especie *Salsola tragus* dominó el estrato herbáceo reforestado (80 % del IVI), mientras que en el sitio de referencia se observaron especies como *Briza minor*, *Jatropha dioica* y *Bouteloua gracilis*, con mayor equitatividad. La disimilitud florística entre condiciones fue del 60 al 87 %, lo que indica una trayectoria sucesional en etapa inicial (Tilley *et al*., 2022).

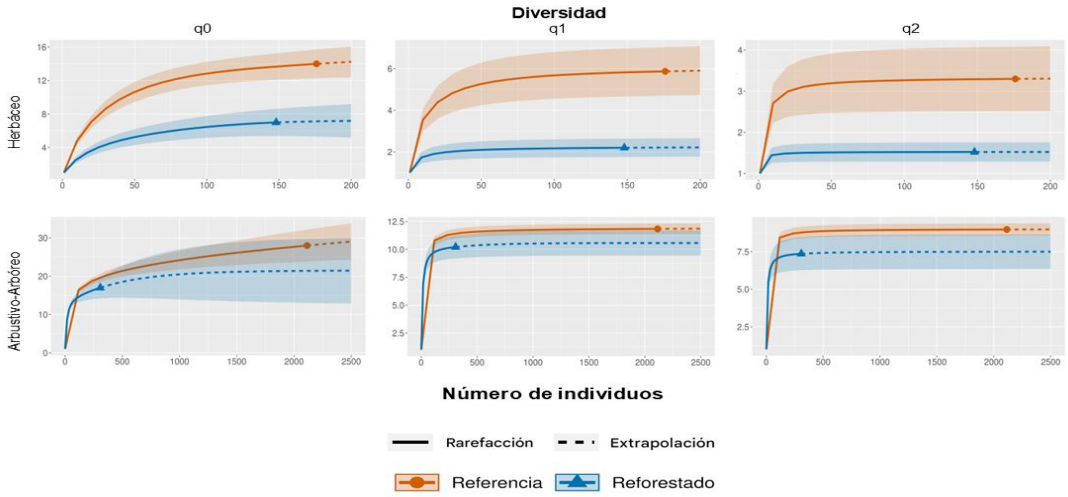


Figura 1. Cambios en la diversidad entre las dos condiciones (reforestado y referencia) y estratos (herbáceas y arbustivas-arbóreas) de las comunidades de flora. Las diferencias significativas se determinan a través de la no superposición de los intervalos de confianza señalados a través del color sombreado en cada línea.

Para mamíferos pequeños se registraron cinco especies; la condición de referencia presentó mayor diversidad en primavera e invierno (q_0, q_1, q_2), mientras que en verano no hubo diferencias significativas. La colonización es más sensible en especies de hábitos especialistas como *Neotoma mexicana* y *Dipodomys merriami.*

En mamíferos medianos y grandes se registraron nueve especies, con diferencias significativas entre condiciones, con mayor riqueza y abundancia en la de referencia. La presencia de especies como *Canis latrans* y *Urocyon cinereoargenteus* en ambas indica una recuperación parcial del hábitat, suficiente para permitir el tránsito y establecimiento temporal de fauna silvestre de mayor tamaño (Yunanto *et al*., 2021).



Figura 2: Presencia de fauna mediana y grande durante verano en la condición de referencia. a) *Canis latrans*, b) *Urocyon cinereoargenteus*.

Conclusiones

La diversidad vegetal y faunística evidencia una recuperación parcial del ecosistema intervenido. La dominancia de especies oportunistas como *Salsola tragus* y la baja equitatividad en flora, así como la sensibilidad de roedores a la heterogeneidad vegetal, reflejan el resultado de las acciones de restauración y su adaptación. El uso conjunto de indicadores vegetales y faunísticos permite evaluar con mayor precisión la efectividad de programas de restauración ecológica en sitios con impacto minero.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a Minera San Xavier S.A de C.V por el espacio y financiamiento, CONAHCYT (CVU: 1321180) por una beca de posgrado, a UASLP, IPICYT, y a todo el comité asesor por el acompañamiento técnico, logístico y académico.

Referencias bibliográficas

Jost, L. (2006). *Entropy and diversity*. *Oikos*, 113(2), 363–375.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*.

Tetreault, D. (2019). Resistance to Canadian mining projects in Mexico: Lessons from the lifecycle of the San Xavier Mine in San Luis Potosí.

Tilley, D., Hulet, A., Bushman, S., Goebel, C., Karl, J., Love, S., & Wolf, M. (2022). When a weed is not a weed: Succession management using early seral natives for Intermountain rangeland restoration.

Yunanto, T., Amanah, F., Gultom, T., & Asdini, S. (2021). *The evaluation of flora and fauna in coal mine reclamation land*

HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES EN LOS LEPTOSOLES DE MÉXICO

Carolina del Rocío Martínez-Rosales[1*], Heriberto Méndez-Cortes[1], Catarina Loredo-Osti[1], Juan Felipe Martínez-Montoya[2], Martín Escoto-Rodríguez[1], José Pablo Lara-Ávila[1]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Km. 14.5 Carretera San Luis Potosí, Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, CP 78320, San Luis Potosí, México. [2]Colegio de Postgraduados, Campus S.L.P. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, CP 78622, San Luis Potosí, México.

*Autor para correspondencia: a145045@alumnos.uaslp.mx

Palabras clave: Glomeromycota, edafodiversidad, leptosoles

Introducción

Los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) juegan un papel importante en diversas funciones de los ecosistemas, desde las involucradas con el crecimiento y salud de las plantas con las que establecen simbiosis, hasta las relacionadas con la estructura y fertilidad del suelo. En este sentido varios autores han investigado la relación entre las propiedades del suelo y la presencia de especies de hongos micorrizicos arbusculares, pero pocos han comparado directamente el tipo de suelo con la presencia de estos simbiontes del suelo; lo que ha hecho posible sugerir que diferentes tipos de suelo pueden tener comunidades de HMA diferentes (Oehl *et al*., 2010). En México, la diversidad de suelos comprende 26 de los 32 tipos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo; donde los Leptosoles ocupan el 28.3% de la superficie y son los más abundantes (Cruz *et al*., 2007). La principal diferencia respecto a los otros tipos de suelo es su escasa profundidad y su alta variabilidad de propiedades, resultantes del hecho que sus propiedades se relacionan con la roca que les dio origen. Es posible encontrarlos en vertientes abruptas de montañas o en regiones con pendiente pronunciada y que sufrieron una erosión severa. Pese a su amplia distribución en el país, existen pocos reportes sobre la diversidad de HMA que albergan. Por lo que este trabajo constituye un acercamiento al conocimiento de la influencia de este tipo de suelo sobre la presencia de HMA, así como al conocimiento de posibles implicaciones en el ámbito forestal, tales como conservación del suelo, reforestación o adaptación al cambio climático. El objetivo es conocer la riqueza de especies de hongos micorrízicos arbusculares en los Leptosoles y contribuir con una visión nacional de la distribución de éstos en México.

Materiales y métodos

Se revisaron las publicaciones sobre hongos micorrízicos arbusculares en México, durante el periodo comprendido entre 1971 y 2024. Se emplearon los registros a nivel especie cuya ubicación correspondió a Leptosoles y se elaboró un mapa de su distribución con base en el mapa de suelo en escala 1:250000 (INIFAP-CONABIO, 1995). Además, se calculó la diversidad de estos suelos mediante el índice de Shannon. Con el fin de complementar el trabajo se ubicaron sitios de muestreo en suelos clasificados como Leptosoles, en los municipios de Ahualulco (L1), Villa de Guadalupe (L2) y Catorce (L3) del estado de San Luis Potosí. Se realizaron muestreos cada 200 m en transectos de 1km a una profundidad comprendida entre los 0 y 30 cm; para conformar una muestra compuesta por cada sitio de muestreo. Se realizó la extracción de esporas mediante el método de tamizado y decantación en húmedo y la centrifugación en sacarosa. Las esporas aisladas se observaron y montaron en laminillas semipermanentes a base PVLG + Melzer para su posterior observación (40x y 100x) empleando un microscopio óptico Zeiss Primo Star. La identificación de éstas se basó en las características básicas: color, forma, tamaño, capas, paredes, reacción en Melzer y estructuras de germinación, para su comparación con las mencionadas en las publicaciones de las descripciones originales.

Resultados y discusión

Se encontraron 20 géneros de HMA reportados para los Leptosoles de México (Figura 1), de los cuales el género más representado fue *Acaulospora* (12 especies), seguido de *Glomus* (8 especies) y *Rhizophagus* (6 especies). Estos resultados son consistentes con el reporte de la diversidad de especies a nivel nacional de Glomeromycota, donde los géneros *Acaulospora* y *Glomus* son dominantes (Polo-Marcial *et al*., 2022).

Este tipo de suelo posee más de la mitad de los géneros reportados para el país, lo que hace que la diversidad estimada se considere alta, con un valor de 3.87 estimado con el índice de Shannon.

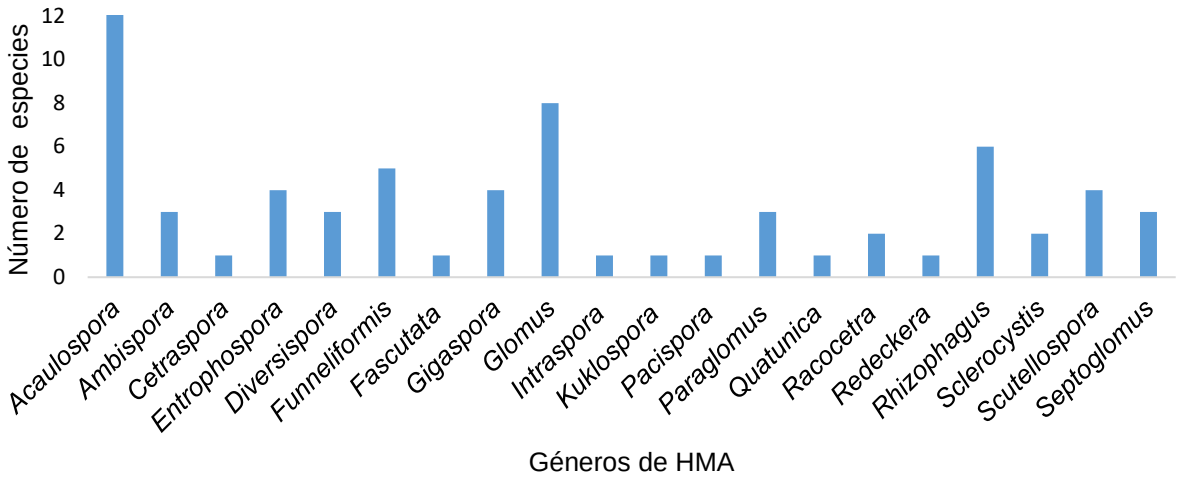


Figura 1. Número de géneros de HMA descritos y registrados en Leptosoles de México.

El total de registros encontrados fue de 141, cuya ubicación en el mapa de distribución de especies de HMA permite deducir que aún quedan muchas áreas en las que la diversidad de HMA en estos suelos es desconocida, por lo que futuros estudios en este tipo de suelo complementarían el conocimiento de la diversidad que albergan.

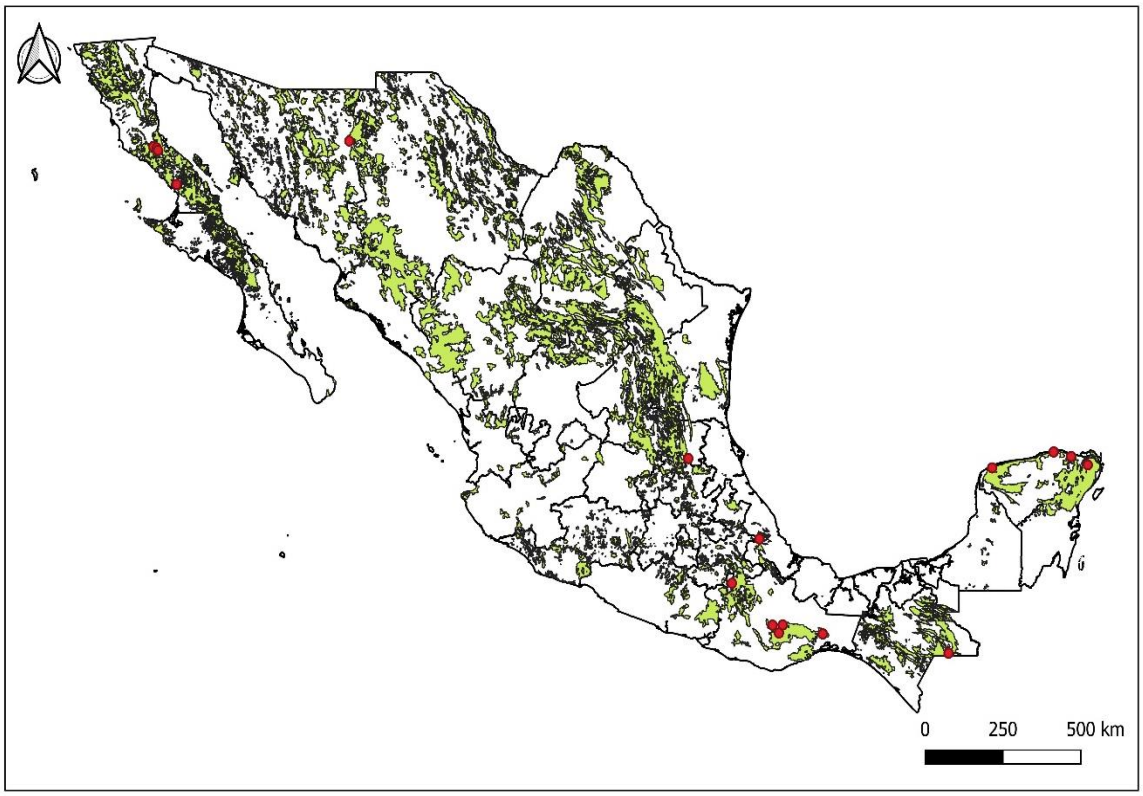


Figura 2. Mapa de distribución de las especies micorrízicas arbusculares en los Leptosoles de México. Los puntos rojos representan los registros de especies. Elaboración propia.

En lo que respecta a la identificación de HMA en los Leptosoles muestreados, las especies correspondieron a 10 géneros, los cuales concuerdan con los mencionados previamente para este tipo de suelo. Sin embargo, el género más representado en los sitios muestreados fue *Ambispora* con el 23% de las especies de HMA, seguido de *Glomus* con el 17% (Figura 3).

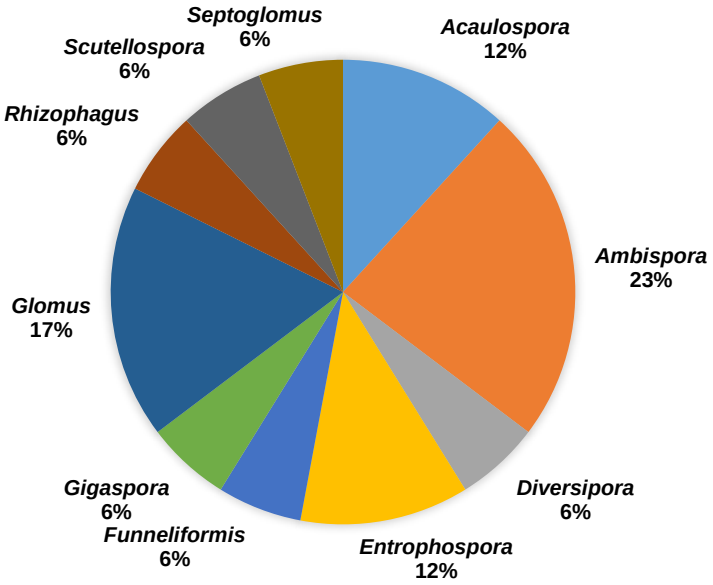


Figura 3. Proporción de géneros identificados en los Leptosoles muestreados.

Conclusiones

La alta diversidad de géneros HMA encontrada en los Leptosoles de México permite considerar a este tipo de suelo como un reservorio de estos hongos, relevantes en el aspecto ecológico y con potencial para continuar explorando su diversidad fúngica a nivel nacional.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por la beca de estudios de posgrado No. 807182 otorgada a Martínez-Rosales.

Referencias bibliográficas

Cruz, C., Balbontin, C., Paz, F., Etchevers, J., & Krasilnikov, P. (2007). Variabilidad Morfogenética de los Suelos de México y su relación con el Modelo Fisiográfico Nacional. In Memoria del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Guanajuato, México.

INIFAP-CONABIO. (1995). Edafología, escalas 1:250000 – 1:1000000. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.

Oehl, F., E. Laczko, A. Bogenrieder, K. Stahr, R. Bösch, M. van der Heijden, & E. Sieverding. (2010). Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biology and Biochemistry*, *42*(5): 724–738.Polo-Marcial, M. H., L. A. Lara-Perez, B.T. Goto, X. Margarito-Vista, & A. Andrade-Torres. (2022). Glomeromycota in Mexico, a country with very high richness. *Sydowia*, *74*, 33–63

CALIDAD DE PLANTA DE PAROTA (*Enterolobium cyclocarpum*) CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS, TIPOS DE SUSTRATOS E INOCULACIÓN CON *Trichoderma* spp.

Luis Eduardo Talavera-Silva[1], Juan Eduardo Godina-Rodríguez[2], Rubén Barrera-Ramírez[2*], Hipólito Jesús Muñoz-Flores[2].

[1] UMSNH Facultad de Agrobiología Presidente Juárez, [2]INIFAP Campo Experimental Uruapan.

*Autor para correspondencia: ruben.barrera.ram@gmail.com

Palabras clave: *Enterolobium cyclocarpum***,** calidad de planta, *Trichoderma*.

Introducción

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb, es una especie forestal de México con alto valor ecológico y potencial para la reforestación y producción de madera (Estrada-León *et al*., 2016). La madera de esta especie es considerada como preciosa por sus vetas y gran durabilidad (Muñoz-Flores *et al*., 2016). Sin embargo, su propagación se ve limitada por la latencia física de sus semillas, lo que hace necesario aplicar tratamientos pregerminativos para aumentar la germinación (Baskin y Baskin, 2004). Así mismo, el uso de hongos ectomicorrícicos como *Trichoderma* spp*.* ha demostrado promover el crecimiento vegetal, mejorar la absorción de nutrientes y aumentar la resistencia a enfermedades (Harman *et al*., 2004). El objetivo fue evaluar la calidad de planta de *Enterolobium cyclocarpum* (Parota) a partir de la aplicación de distintos tratamientos pregerminativos e inoculación de semillas con *Trichoderma* spp. para mejorar las estrategias de producción de esta especie en Michoacán.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el vivero forestal del C.E. Uruapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El material vegetal se recolectó en el municipio de Nuevo Urecho, Michoacán, México. La semilla se desinfectó con hipoclorito de sodio al 5%, posteriormente se realizaron tres tratamientos de escarificación de semillas. El tratamiento T1 (testigo) consistió en no realizar ningún cambio a la semilla, el tratamiento T2 (agua caliente) se realizó mediante la inmersión en agua caliente a 100°C durante ocho minutos seguido de un reposo de dos minutos al aire libre. El tratamiento T3 (ácido sulfúrico) consistió en inmersión de semillas en ácido sulfúrico al 90% durante 30 minutos seguido de un lavado con agua durante cinco minutos. Para el desarrollo del experimento se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 10 repeticiones por tratamiento.

La semilla se sembró en bolsas de polietileno negra calibre 400 con capacidad de 12 litros, para el sustrato se utilizaron diferentes proporciones tierra de monte, corteza de pino, arena volcánica y peat moss, se evaluaron cuatro tratamientos de sustrato: tierra de monte 100% (T1); mezcla de tierra de monte y corteza de pino (50/50 %), (T2); tierra de monte, corteza de pino y arena volcánica en proporción (60/35/5 %), (T3); y tierra de monte, corteza de pino y peat moss en proporción (40/40/20 %) (T4). Posteriormente, se aplicaron dos tratamientos con *Trichoderma* spp (T1) o sin *Trichoderma* spp*.* (T2), en dos fechas 28 de junio y 13 de julio 2024, respectivamente, a una concentración de 2.5 g L^{-1} de agua, finalmente con la combinación de los tratamientos de escarificación, distintas mezclas de sustratos y la inoculación con *Trichoderma* spp, se obtuvieron 24 combinaciones, con diez repeticiones cada una.

La calidad de planta se determinó a través de un muestreo destructivo, el cual consistió en la selección de tres plantas por tratamiento, para ello se consideraron plantas de alturas baja, media y alta dentro de un mismo tratamiento. Una vez seleccionadas, las plantas fueron retiradas cuidadosamente de las bolsas para asegurar que la raíz permaneciera completa. Posteriormente, la raíz se lavó con agua para eliminar cualquier residuo de sustrato, procurando no dañar la estructura de las raíces. La planta fue seccionada en dos partes; parte aérea y basal, posteriormente se llevó acabó la medición de longitud radical (LR; cm), longitud de tallo (LT; cm), altura total (AT; cm), diámetro de cuello de raíz (DCR; mm) y peso fresco y seco de tallo (PFT y PST; g) y raíz (PFR y PSR; g). Para determinar el peso seco de tallo y raíz cada componente

se sometió a un proceso de secado en una estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h, posteriormente las muestras se retiraron de la estufa y se pesaron con una balanza analítica, con una precisión 0.01 g.
A partir de estas mediciones, se calcularon índices y relaciones como el índice de robustez (IR), relación peso seco aéreo y peso seco radical (BSA/BSR), peso relativo de la parte aérea (PRA), peso relativo de la raíz (PRR), relación altura/longitud de la raíz (RA/LA), índice de lignificación (IL) e índice de calidad de Dickson (ICDK). Estas relaciones e índices permitieron establecer las diferencias en el desarrollo morfofisiológico de las plántulas en función de los sustratos y los tratamientos aplicados.

Con los datos obtenidos se comprobaron los supuestos de normalidad y una vez que las variables cumplieron, se realizó el análisis de varianza para los tratamientos y variables evaluadas ($p \leq 0.05$) y sus interacciones; y en los casos donde se obtuvieron diferencias significativas, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$). Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico SAS ver 9.4 (SAS Institute, 2013).

Resultados y discusión

El análisis de varianza demostró que el tipo de sustrato (SUST) tuvo un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$) sobre las variables altura total (AT), diámetro del cuello de la raíz (DCR), índice de robustez (IR), relación altura/longitud de raíz (RA/LR) e índice de calidad de Dickson (ICDK). Y que el tratamiento de escarificación (TES) fue significativo únicamente para el crecimiento en DCR ($p \leq 0.05$). Por otra parte, la inoculación con micorrizas (INOC) no generó efectos significativos en ninguna de las variables evaluadas ($p > 0.05$) (Cuadro 1). Esto confirma lo señalado por Rueda *et al*. (2013), quien destaca que el sustrato es el principal factor que condiciona el desarrollo morfofisiológico de las plantas en vivero, mientras que los efectos de escarificación e inoculación pueden depender del tipo de semilla y condiciones del entorno.

Cuadro 1. Análisis de varianza de las variables de calidad en plantas de Parota

Factor	Variables evaluadas					
	AT	DCR	IR	R A/LR	R PSA/PSR	ICD
TES (A)	0.3861	0.0151*	0.0606	0.5854	0.0711	0.0069
SUST (B)	0.0008**	0.0001**	0.0001 **	0.0001**	0.4182	0.0896
INOC (C)	0.7813	0.7559	0.7416	0.4725	0.9291	0.3982
A*B	0.9538	0.0155*	0.0204*	0.9773	0.4541	0.8843
A*C	0.7642	0.8799	0.7076	0.8124	0.9403	0.7036
B*C	0.9994	0.9105	0.7851	0.9885	0.4044	0.9552
A*B*C	0.0435*	0.9599	0.7907	0.4869	0.1549	0.8368

TES: tratamientos de escarificación; SUST: sustratos; INOC: inoculación; AT: altura de planta; DCR: diámetro de cuello de raíz; IR: índice de robustez; R A/LR: relación altura/longitud de la raíz; R BSA/BSR: relación peso seco aéreo/peso seco radicular; R PSA/PSR: relación peso seco aéreo/ peso seco radicular; ICD: índice de calidad de Dickson. *Significancia al ($p \leq 0.05$), ** significancia al ($p \leq 0.01$).

Se observaron interacciones significativas entre el tratamiento de escarificación y la mezcla del sustrato (TES × SUST) en el crecimiento de DCR e IR ($p \leq 0.05$), así como en la triple interacción TES × SUST × INOC en crecimiento de AT ($p \leq 0.05$), estos resultados permitieron señalar que ciertas combinaciones de tratamientos influyen en el crecimiento y calidad de las plántulas de parota, sobre todo si se trabaja con un sustrato adecuado, más un tratamiento de escarificación que no dañe el embrión de la semilla y que adicionalmente se inoculen con hongos benéficos como *Trichoderma* spp., que en este caso tuvo efectos como biofertilizante debido a que promovió el crecimiento de las plantas y mejoró la absorción de nutrientes y en consecuencia, aumentó la calidad de la planta, debido al óptimo desarrollo de la parte aérea y radical de las plantas de parota. Esto refuerza lo planteado por Rueda *et al*. (2013), quien sugiere que el éxito en vivero depende de integrar adecuadamente factores físicos (como el sustrato) y biológicos (como hongos benéficos), más que considerarlos de forma aislada.

De acuerdo con la prueba de Tukey, el tratamiento T3 promovió un mayor DCR (6.99 mm), mientras que el sustrato S3 mostró el mejor desempeño en esta variable (9.37 mm). S2 registró la mayor altura (60.73 cm), y S1 presentó la relación RA/LR más alta (1.49), lo que sugiere un desarrollo aéreo desproporcionado (Cuadro 2). No se observaron diferencias significativas atribuibles a la inoculación. En conjunto, los resultados destacan la relevancia del sustrato y su combinación con escarificación en la calidad

morfofisiológica de las plantas de parota, tal y como lo menciona Rueda *et al*. (2013), estas combinaciones pueden ser decisivas para lograr plantas más equilibradas y listas para establecerse con éxito en campo.

Cuadro 2. Valores promedio y comparación de medias para las variables evaluadas de calidad de planta de Parota

Factor	Variables evaluadas					
	AT	DCR	IR	R A/RL	R PSA/PSR	ICD
TES						
T1	55.02(4.13) a	5.01(0.49) b	4.49(0.25) a	0.87(0.10) a	1.75(0.15) a	0.53(0.07) b
T2	50.46(3.83) a	6.18(0.45) a b	3.69(0.24) a	0.82(0.10) a	1.53(0.14) a	0.64(0.07) ab
T3	57.99(3.86) a	6.99(0.45) a	3.88(0.24) a	0.96(0.10) a	1.27 0.14) a	0.84(0.07) a
SUST						
S1	40.18(4.01) b	5.63(0.35) b	4.22(0.21) a	1.49(0.07) a	1.68(0.17) a	0.83(0.08) a
S2	60.73(4.01) a	5.67(0.35) b	4.06(0.21) a	0.69(0.07) b	1.29(0.17) a	0.70(0.08) a
S3	56.68(4.39) a	9.37(0.38) a	2.63(0.23) a	0.73(0.08) b	1.56(0.18) a	0.63(0.09) a
S4	57.65(4.01) a	4.29(0.35) c	4.85(0.21) a	0.60(0.07) b	1.49(0.17) a	0.54(0.08) a
INOC						
CM	55.13(3.31) a	6.01(0.41) a	3.95(0.21) a	0.84(0.08) a	1.50(0.12) a	0.71(0.06) a
SM	53.86(3.17) a	6.19(0.39) a	4.04(0.20) a	0.92(0.08) a	1.51(0.12) a	0.64(0.06) a

TES: tratamientos de escarificación; SUST: sustratos; INOC: inoculación; AT: altura de planta; DCR: diámetro de cuello de raíz; IR: índice de robustez; R A/LR: relación altura/longitud de la raíz; R BSA/BSR: relación peso seco aéreo/peso seco radicular; R PSA/PSR: relación peso seco aéreo/ peso seco radicular; ICD: índice de calidad de Dickson. Letras distintas indican diferencias significativas con prueba de Tukey entre los factores evaluados (α=0.05).

Conclusiones

El tipo de sustrato y su proporción es el principal componente que determina la calidad de planta de parota. Si bien la escarificación mostró efectos puntuales y la inoculación no presentó influencia significativa por sí sola, la interacción entre estos factores sugiere que, con sustratos adecuados, se puede optimizar el desarrollo de las plantas. Estos hallazgos respaldan la importancia de diseñar protocolos de producción que prioricen la calidad física del sustrato y su combinación sinérgica con tratamientos complementarios a fin de incrementar la calidad de la planta.

Agradecimientos

Al INIFAP-Campo Experimental Uruapan por la facilitación de sus instalaciones para el desarrollo de la investigación.

Fuente financiadora

Este proyecto se desarrolló con recursos propios.

Referencias bibliográficas

Baskin, J. y C. Baskin. (2004). A classificationsystem for seed dormancy. Seed ScienceResearch, 14(1), 1-16.

Estrada-León, R. J., Moo-Huchin, V. M., Ríos-Soberanis, C. R., Betancur-Ancona, D., May-Hernández, L. H., Carrillo-Sánchez, F. A., ... & Pérez-Pacheco, E. (2016). The effect of isolation method on properties of parota (*Enterolobium cyclocarpum*) starch. Food Hydrocolloids, 57, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.008

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*, *2*(1), 43-56.

Muñoz-Flores, H., J. Sáenz-Reyes, A. Rueda-Sánchez, D. Castillo-Quiroz, F. Castillo-Reyesy D. Ávila-Flores. (2016). Areas with potentialfor commercial timber plantations of Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. inMichoacán, México. Open Journal of Forestry6: 476-485.

Rueda-Sánchez, A., Benavides-Solorio, J. D., Saenz-Reyez, J. T., Muñoz-Flores, H. J., Prieto-Ruiz, J. Á., & Orozco-Gutiérrez, G. (2013). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 5*(22), 59–70.

IDONEIDAD DE HÁBITAT DE *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto EN ÁREAS SUJETAS A CONSERVACIÓN EN MÉXICO

Aldo Rafael Martínez-Sifuentes[1*], José Villanueva-Díaz[1], Nuria Aide López-Hernández[1], José Manuel Zúñiga-Vásquez[2], Citlalli Cabral-Alemán[2]

[1]CENID RASPA, INIFAP; [2]SECIHTI-CENID RASPA

*Autor para correspondencia: martinez.aldo@inifap.gob.mx

Palabras clave. Biogeografía, biznaga, clima.

Introducción

La modelación de nicho ecológico constituye una herramienta clave para identificar los factores ambientales que regulan la distribución de las especies, particularmente en escenarios de cambio climático y pérdida de hábitat. Esta metodología permite delimitar las áreas potenciales de ocurrencia de una especie bajo condiciones ambientales específicas, integrando variables abióticas como temperatura, precipitación y propiedades edáficas (Elith *et al*., 2011). *Echinocactus platyacanthus*, conocido como biznaga burra, es una especie endémica y emblemática de los ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México, donde cumple funciones ecológicas relevantes en la dinámica del paisaje desértico. Actualmente se encuentra en peligro de extinción, principalmente por la extracción ilegal con fines comerciales y la pérdida de hábitat derivada de actividades humanas como la agricultura y la urbanización (Goettsh *et al*., 2015). En este contexto, el objetivo del presente estudio fue estimar y delimitar las áreas de idoneidad de hábitat de *E. platyacanthus* en México mediante el uso del algoritmo MaxEnt analizando las implicaciones de los resultados para la conservación, con especial énfasis en la cobertura de las Áreas Naturales Protegidas.

Materiales y métodos

El presente estudio se enfocó en modelar el nicho ecológico de *E. platyacanthus* en su área de distribución conocida, comprendida por 13 entidades federativas de México, definidas como el área de modelado. Se utilizaron 2,322 registros de presencia obtenidos del portal GBIF (2024), los cuales fueron depurados para minimizar la autocorrelación espacial mediante la eliminación de duplicados y registros múltiples por kilómetro cuadrado en QGIS v3.34. Se incorporaron 19 variables bioclimáticas de WorldClim v2.0 de temperatura y precipitación (periodo 1970–2000, resolución de 30'' x 30''), además de variables edáficas (resolución de 250 m) provenientes de SoilGrids, incluyendo textura del suelo, pH, contenido de carbono orgánico y otros parámetros fisicoquímicos como capacidad de intercambio catiónico, fragmentos rocosos y densidad aparente. Asimismo, se integró información topográfica a partir del modelo de elevación del Continuo de Elevaciones Mexicano (resolución de 90 m²). Para la selección de variables predictoras se emplearon 10,000 puntos de fondo distribuidos en el área M, y se descartaron aquellas con alta colinealidad ($r \geq |0.7|$, $p < 0.05$). El modelado de nicho se realizó con MaxEnt v3.3.3, bajo una configuración de 1,000 iteraciones, validación cruzada, y con las funciones de "clamping" y "extrapolate" desactivadas para evitar proyecciones fuera del rango ambiental observado. El modelo fue entrenado con el 75% de los registros y validado con el 25% restante. Se estimó la superficie ocupada por *E. platyacanthus* dentro de áreas sujetas a conservación en México, mediante los polígonos de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales, así como las ANP estatales, municipales, ejidales, comunitarias y privadas (CONABIO, 2020).

Resultados y discusión

La superficie estimada de *E. platyacanthus* para las 13 entidades donde se distribuye en México fue de 19 203 km², el modelo con mejor desempeño presentó un valor de curva ROC parcial de 1.84, con un AUC de 0.848 en la fase de entrenamiento y 0.855 en validación. Todos los modelos generados alcanzaron valores del estadístico TSS superiores a 0.80, indicando alta capacidad predictiva, es decir, que el modelo representa el espacio geográfico con idoneidad de hábitat para presencia de la especie con base a sus

requerimientos ambientales. La figura 1 muestra el modelado espacial de la biznaga en las diferentes Áreas Protegidas de México, bajo sus diferentes categorías: Federales, Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas. El cuadro 1 presenta la superficie ocupada por *E. platyacanthus* en los polígonos *de* Áreas Protegidas de México.

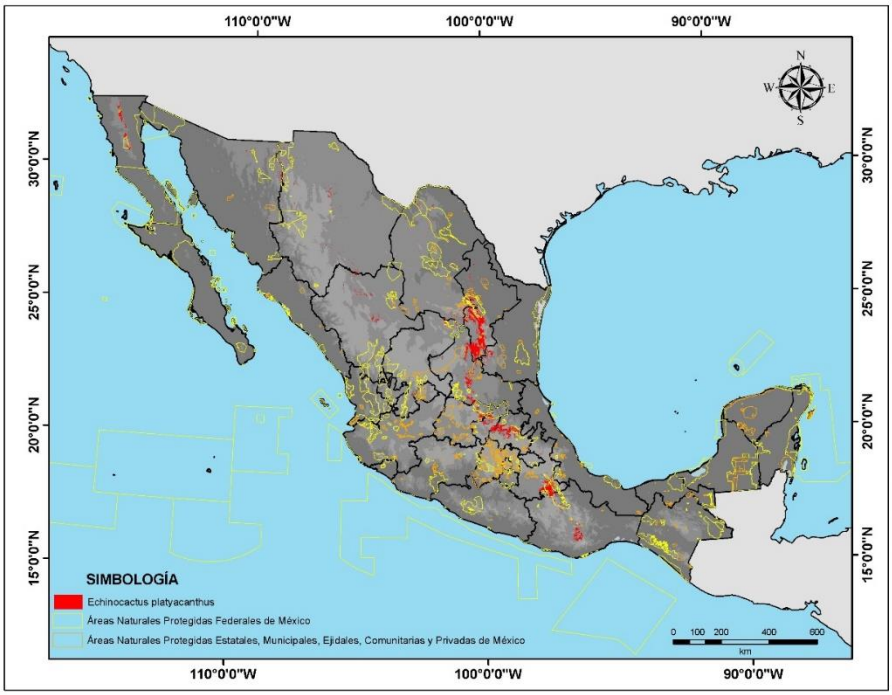


Figura 1. Modelado de idoneidad de hábitat de *E. platyacanthus* en Áreas Naturales Protegidas en México.

Cuadro 1. Superficie de *E. platyacanthus* en Áreas Naturales Protegidas estatales y federales.

Área protegida estatal	Superficie (Km^2)	Área protegida federal	Superficie (Km^2)
Acuña	12.37	Barranca de Metztitlán	359.57
Asthar	1.18	Bavispe	8.11
Cerro Colorado	63.65	C.A.D.N.R. 001 Pabellón	0.09
El Cedral	0.63	C.A.D.N.R. 004 Don Martín	79.00
El Refugio de Apanaco	7.80	C.A.D.N.R. 026 Bajo Río San Juan	472.62
Huiricuta, Lugares Sagrados y Ruta	52.87	C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	1.50
La India	0.50	Campo Verde	55.98
La Trinidad	18.03	Cañón de Santa Elena	1.26
Las Delicias	0.04	Constitución de 1857	29.64
Llano la Soledad	19.62	Cumbres de Majalca	0.89
Parque Ecológico Cubitos	0.33	Cumbres de Monterrey	273.60
Peña Alta	2.18	El Vizcaíno	0.53
Peña de Bernal	0.10	Gogorrón	9.63
Pinal del Zamorano	6.11	Janos	102.95
Real de Guadalcázar	167.34	Lago de Texcoco	0.93
San Elías	6.37	Los Mármoles	5.39
San Juan y Puentes	0.18	Maderas del Carmen	74.07
Sandía El Grande	18.05	Ocampo	0.52
Sierra del Laurel	1.07	Semidesierto Zacatecano	71.55
Sierra El Fraile y San Miguel	28.82	Sierra de Álvarez	0.98
Sierra Fría	0.08	Sierra de San Miguelito	7.53
Sierra Las Mitras	6.98	Sierra de San Pedro Mártir	91.70
Trinidad y Llano Salas	18.56	Sierra Gorda	219.15
Zapalinamé	7.37	Sierra Gorda de Guanajuato	140.93
SUPERFICIE ESTATAL	440.22	Tehuacán-Cuicatlán	1,439.31
		Tutuaca	3.83

	Valle de los Cirios	11.15
	Yagul	4.30
	SUPERFICIE FEDERAL	3,466.73

*C.A.D.N.R. = Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego

El modelo indica que solo 3,906 km² (20.34%) del área de distribución potencial de *E. platyacanthus* se encuentra dentro de polígonos de conservación, lo que representa una proporción limitada. Este hallazgo es preocupante, dado que gran parte del hábitat restante está expuesto a presiones antropogénicas, como la expansión agrícola, la urbanización y la minería, que comprometen su viabilidad ecológica. En este contexto, se ha subrayado la necesidad de complementar las estrategias de conservación con enfoques de manejo del paisaje que favorezcan la conectividad ecológica y la protección de hábitats fuera de las ANP (Bennet y Mulongoy, 2006).

Conclusiones

Los resultados destacan la relevancia de los modelos de nicho ecológico como herramientas estratégicas para priorizar acciones de conservación en especies amenazadas como *E. platyacanthus*. La integración de modelos predictivos permite orientar políticas más eficaces, especialmente en áreas no cubiertas por esquemas de protección. Asimismo, la identificación de variables ambientales clave aporta una base para estudios futuros sobre los efectos del cambio climático en ecosistemas áridos. Este enfoque no solo contribuye a la conservación de la biznaga burra, sino que también es aplicable a otras especies endémicas de zonas áridas sujetas a amenazas similares.

Referencias bibliográficas

CONABIO. (2020). Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México 2020. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. México. Acceso en abril 30, 2025 en: http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/anpest20gw.html.

Bennett, G. & Mulongoy, K.J. (2006). Review of experience with ecological networks, corridors and buffer zones. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 23.

Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and Distributions, 17(1), 43–57.

GBIF.org. (2024, octubre 29). GBIF Occurrence Download: Echinocactus platyacanthus [Conjunto de datos]. Accesado en octubre 29, 2024 en: https://www.gbif.org/occurrence/download/0010854-241024112534372.

Goettsch, B., Hilton-Taylor, C., Cruz-Piñón, G., Duffy, J. P., Frances, A., Hernández, H. M., Invernón, R., Pollock, C., Schipper, J., Superina, M., Taylor, N. P., Tognelli, M. F., Abba, A. M., Arias, S., Bárcenas, R. T., Butchart, S. H. M., Duarte, L. S., Fonseca, C. R., Gallagher, R. V., Gaston, K. J. *et al*. (2015). High proportion of cactus species threatened with extinction. Nature Plants, 1(10), 15142.

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA SEMILLA EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE *Pinus coulteri* D. Don

Fatima López-López[1*], Marcos Jiménez-Casas[1], Celestino Flores-López[2], J. Jesús Vargas-Hernández[1], José René Valdez-Lazalde[1] y Patricia Delgado-Valerio[3]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, 56264, Texcoco, Estado de México, México, [2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coahuila. México, [3]Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Emiliano Zapata, 60170, Melchor Ocampo, Uruapan, Michoacán, México.

*Autora para correspondencia: fatima_lopez_lopez@yahoo.com.mx

Palabras clave: Parámetros de germinación, vigor, conservación.

Introducción

El tamaño de la semilla es un rasgo clave en la adaptación de diferentes especies de plantas. Particularmente, se ha demostrado que tiene un impacto en la germinación y la supervivencia en circunstancias de estrés. Este rasgo se identifica como una posible medida del vigor en plántulas (Dunlap y Barnett, 1982; Mao et al 2019). La germinación de las semillas es un proceso complejo que inicia con la absorción de agua hasta el desarrollo del eje embrionario; involucra numerosos eventos, entre ellos la hidratación de proteínas, cambios estructurales subcelulares, aumento de la tasa respiratoria, síntesis macromolecular, elongación y división celular, y muchas otras actividades metabólicas (Chu *et al*. 2022). En *Pinus thunbergii* Parl se encontró que las semillas grandes y medianas presentaron mayor tasa e índice de germinación, índice de vigor y biomasa de la plántula que las semillas pequeñas (Mao et al., 2019). En *Pinus taeda* L. se ha reportado una correlación (débil) entre el tamaño de la semilla y el crecimiento en volumen durante un intervalo de prueba de 15 años, y entre el peso promedio de la semilla de 16 clones de la misma especie y el tamaño de la progenie en condiciones de invernadero (Dunlap y Barnett, 1982). En *P. coulteri*, aún no se ha definido la relación entre este rasgo y su influencia en la dinámica de germinación y el crecimiento inicial de la planta; por lo que el presente estudio tiene como objetivo conocer si el tamaño de la semilla influye de alguna manera en el porcentaje, velocidad y uniformidad de la germinación, y saber si existe una correlación entre el tamaño de la semilla y variables de crecimiento inicial de las plántulas.

Materiales y métodos

Se utilizó semilla de dos poblaciones mexicanas de *P. coulteri*: Rancho Nuevo (RN, de semilla pequeña) y Sierra Blanca (SB, de semilla grande) por ser contrastantes en cuanto al tamaño de la semilla. Con base en la cantidad limitada de semilla disponible, de manera aleatoria se tomó una muestra de 100 semillas por población, a las que se les midió el largo (mm), ancho (mm) y peso (g). Este número ha demostrado ser suficiente para capturar la variabilidad intraespecífica en caracteres como el tamaño y peso de semilla, manteniendo la representatividad y viabilidad estadística de los análisis. Posteriormente, 720 semillas de cada población se colocaron en una cámara de germinación con temperatura entre 18-24°C, fotoperiodo 12h luz/12h oscuridad y humedad relativa al 80 %. Se consideró como semilla germinada una vez que la radícula emergió y alcanzó al menos el tamaño de la semilla. La germinación se registró cada dos días durante 70 días. Los datos se analizaron mediante la Función de Hill en GERMINATOR (Joosen et al., 2010) y se obtuvieron los parámetros de la dinámica de la germinación: porcentaje de germinación (G_{max}), tiempo en germinar el 50 % de la semilla viable (T_{50}), uniformidad (U_{8416}), tiempo en germinar el 5% de semillas ($T_{5_{Gmax}}$), y el índice de cobertura del área bajo de la curva (AUC), para cada población. Las semillas germinadas se trasladaron a tubetes plásticos de 300 mL con una mezcla de sustrato compuesta por turba: perlita: vermiculita en proporción 3:1:1, para dar seguimiento al desarrollo y crecimiento inicial de la planta, bajo un diseño experimental completamente aleatorizado. A una muestra aleatoria de 100 plantas por población se les tomaron mediciones de diámetro basal (DB, mm) y altura (Altura, cm) al año del establecimiento en los tubetes, para conocer la relación lineal de Pearson entre las variables de tamaño de

semilla y crecimiento inicial mediante el software R y Rstudio (R Core teams 2023). Se ajustó un modelo lineal simple para determinar la significancia estadística de los efectos de la población.

Resultados y discusión

Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas entre ambas poblaciones para dos de las variables evaluadas: largo y peso de semillas (p<0.0001). Las semillas de SB presentaron una media de 14.31 mm y 0.315 g, mientras que para RN de 11.61 mm y 0.187 g. El ancho de las semillas, se observó una tendencia similar: 8.36 mm para SB frente a 7.18 mm para RN, pero sin ser estadísticamente diferentes (p=0.1106) (Figura 1a, b y c).

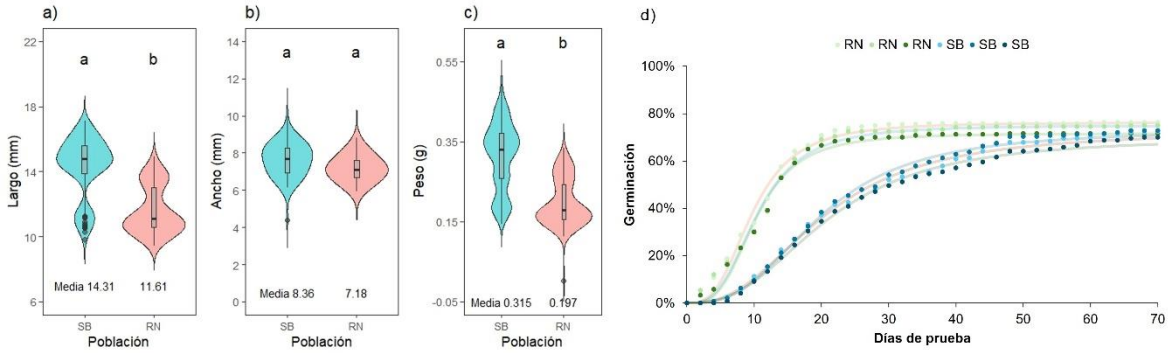


Figura 1. Diferencias entre variables: a) largo, b) ancho, y c) peso de 100 semillas por población; d) comportamiento de la germinación de semillas de Rancho Nuevo (RN, en color verde) y Sierra Blanca (SB, en color azul), poblaciones de *Pinus coulteri* D.Don.

El porcentaje de germinación (G_{max}) no fue estadísticamente diferente entre semillas pequeñas (RN) y grandes (SB) (p>0.05); sin embargo, los parámetros de velocidad (T_{50}) y uniformidad (U_{8416}) de semillas pequeñas fueron significativamente mejores que los de semillas grandes (p<0.05) (Figura 1d; Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros de la dinámica de germinación de dos poblaciones de *Pinus coulteri* D.Don.

Población	G_{max} (%)	T_{50}	U_{8416}	$T_{5_{Gmax}}$	AUC
Rancho Nuevo (RN)	74a	10a	11a	4a	43b
Sierra Blanca (SB)	72a	20b	27b	7b	33a

Parámetros: porcentaje de germinación (G_{max}), tiempo en germinar el 50 % de las semillas viables (T_{50}), uniformidad (U_{8416}), y valor del área bajo la curva (AUC). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

Las variables de crecimiento inicial resultaron estadísticamente diferentes entre las poblaciones (p<0.001). Es decir, en SB se observan valores de diámetro basal y altura mayores que los observados en RN (Figura 2a y b), lo que permitió realizar el análisis de correlación de Pearson.

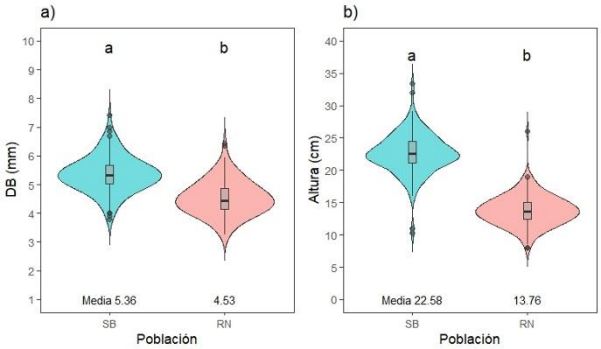


Figura 2. Diferencias en variables a) diámetro basal (DB) y b) altura de plántulas entre las dos poblaciones Rancho Nuevo y Sierra Blanca de *Pinus coulteri* D.Don. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas.

El análisis de correlación entre variables morfológicas y de crecimiento inicial de las plántulas muestra asociaciones positivas en todos los casos. Las correlaciones más fuertes se presentan entre el largo de la semilla y la altura de la plántula (R = 0.52), así como entre el peso de la semilla y la altura (R = 0.51), lo que indica que semillas de mayor tamaño tienden a favorecer un mayor desarrollo vertical en las primeras etapas de crecimiento (Figura 3).

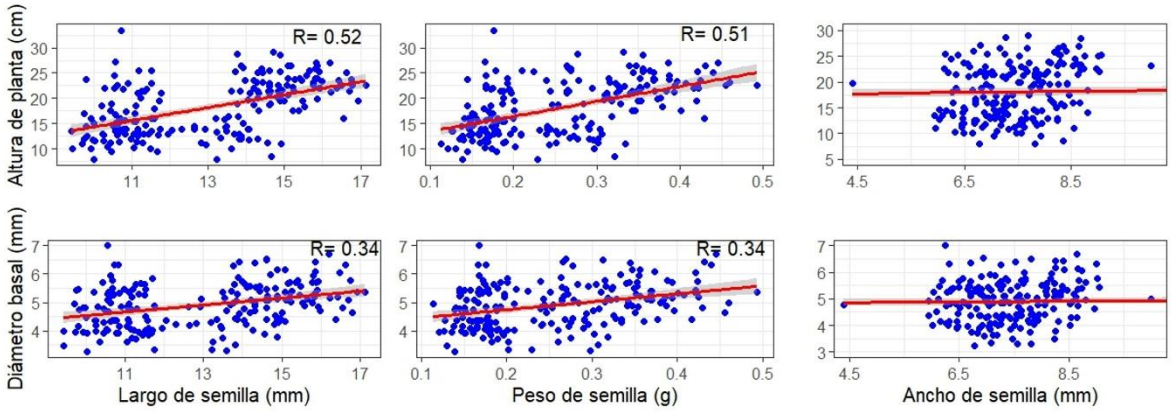


Figura 3. Valores de correlación entre variables de tamaño de semilla (largo, peso y ancho) y variables de crecimiento inicial (diámetro basal y altura) de *Pinus coulteri* D.Don.

Por otro lado, tanto el largo como el peso de las semillas mostraron una correlación positiva pero moderada con el diámetro basal (R = 0.34), lo cual sugiere que influyen en menor medida, en el grosor del tallo de las plántulas. Mientras que la correlación con el ancho de semilla fue muy baja.

Conclusiones

Estos resultados indican que el tamaño de la semilla de *P. coulteri* puede ser un factor predictivo del vigor inicial de las plantas, y que la baja correlación entre el tamaño de la semilla y el crecimiento inicial podría estar más relacionada con ser una respuesta adaptativa a las condiciones climáticas y geográficas de la procedencia.

Agradecimientos y fuente financiadora

Al Dr. Celestino Flores López por la donación de semilla, a SEHCyTI por el financiamiento de doctorado y al Postgrado en Ciencias Forestales del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por financiar la asistencia a la 60 edición de las reuniones científicas 2025 del INIFAP.

Referencias bibliográficas

Chu C., Poore, R.C., Bolton, M. D., & Fugate, K. K. 2022. Mechanism of sugarbeet seed germination enhanced by hydrogen peroxide. *Front. Plant Sci.* 13:888519. https://doi.org.10.3389/fpls.2022.888519

Dunlap, J., & Barnett, J. 1982. Influence of seed size on germination and early development of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) germinants. *Canadian Journal of Forest Research*. 13. 40-44. https://doi.org/10.1139/x83-006

Mao, P., Guo, L., Gao, Y., Qi, L., & Cao, B. 2019. Effects of seed size and sand burial on germination and early growth of seedlings for coastal *Pinus thunbergii* Parl. in the Northern Shandong Peninsula, China. *Forests*, 10(3), 281. https://doi.org/10.3390/f10030281

Joosen, R. V. L., J. Kodde, L. A. J. Willems, W. Ligterink, L. H. W. Van der Plas & H. W. M. Hilhorst. 2010. GERMINATOR: a software package for high throughput scoring and curve fitting of Arabidopsis seed germination. The Plant Journal 62(1): 148-159.

POTENCIAL DE DISTRIBUCIÓN DE GUAJE (*Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth.)

Andrés Flores[1]*, Cesar M. Flores-Ortíz[2,4], Patricia D. Dávila-Aranda[3], Norma Isela Rodríguez-Arévalo[3], Salvador Sampayo-Maldonado[4], Daniel Cabrera-Santos[5], Tiziana Ulian[5,6]

[1]Cenid Comef, INIFAP; [2]Laboratorio Nacional en Salud, FES Iztacala, UNAM; [3]Laboratorio de Recursos Naturales, UBIPRO, FES Iztacala, UNAM; [4]Labortorio de Fisiología Vegetal, UBIPRO, FES Iztacala, UNAM; [5]Royal Botanic Gardens, Kew Wellcome Trust Millennium Building; [6]Universidad de Turin, Italia

*Autor para correspondencia: flores.andres@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cambio climático, Fabaceae, leguminosa.

Introducción

El cambio climático constituye uno de los principales que afectan la tasa de germinación de las semillas y modifican la distribución geográfica de las especies. De acuerdo con las proyecciones sobre las condiciones climáticas futuras, se prevé un incremento en la temperatura y otros cambios asociados en la mayoría de los ecosistemas forestales tropicales. Estas alteraciones podrían impactar de manera significativa fases críticas del ciclo de vida de las especies, tales como la floración, el desarrollo de semillas y el establecimiento de plántulas.

Leucaena diversifolia (Schltdl.) Benth., comúnmente conocida como guaje, es una especie arbórea utilizada en sistemas agrosilvopastoriles por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en el suelo y proporcionar sombra y forraje al ganado. Esta especie es valorada por el alto contenido proteico de sus semillas y se emplea en la rehabilitación de áreas degradadas en bosques secos subtropicales. Además, tiene diversos usos en la construcción de viviendas, embarcaciones, muebles, entre otros. En México, *L. diversifolia* se establece en diferentes tipos de suelos y en zonas subhúmedas y húmedas, dentro de un intervalo altitudinal que va de los 300 a los 2,000 m smn. El objetivo de este trabajo fue determinar la distribución actual probable y potencial de *Leucaena diversifolia* en México en diferentes escenarios de cambio climático.

Materiales y métodos

Recopilación de datos y variables climáticas.
Para la especie, se generó una base de datos georreferenciada de especímenes recolectados en el país con el uso de la plataforma *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (https://www.gbif.org/, consultado el 10 de septiembre de 2024), la cual registra información de los herbarios de todo el mundo. Para estimar la distribución actual probable, se utilizaron diecinueve variables climáticas, cada una con una resolución de un km² por píxel y una resolución espacial de 0.3 min de arco, las cuales se obtuvieron de la base de datos de BioClim. Las capas de formato vectorial de uso del suelo y vegetación se obtuvieron de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Distribución actual probable y potencial.
Para estimar la distribución actual probable, se utilizaron datos climáticos de 1970 a 2000 de BioClim (v2.0) fundamentales para determinar la superficie con el hábitat climático ideal. Se modeló con el programa MaxEnt 3.3.3 (Phillips *et al*., 2017) y la contribución relativa de cada variable climática al modelo se determinó mediante el método Jackknife, utilizando MaxEnt. El programa se ejecutó para generar los mapas utilizando los factores climáticos con mayor contribución al modelo. Con el uso del programa ArcMap 9.3®, se determinó la distribución espacial del hábitat climático ideal convirtiendo el número de píxeles a km². Finalmente, considerando una probabilidad superior al 50 %, se generaron mapas de la distribución actual probable de la especie. Se utilizó el programa BioClim v1.4 para determinar la superficie con el hábitat climático ideal para la distribución futura. El modelado se hizo también con el programa MaxEnt v3.3.3. Se utilizaron las capas climáticas del Modelo de Circulación General (GCM) del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR) de Estados Unidos (CCSM4), las cuales, con base en los modelos regionales del IPCC del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 6, se proyectaron para

los años 2050 (promedio para 2041-2060) y 2090 (promedio para 2081-2099) como escenarios de futuro lejano y futuro a mediano plazo, respectivamente. Se aplicó el método Jackknife con dos valores de Trayectoria Socioeconómica Compartida (SSP) de 2.6 y 8.5 Watts/m² (emisiones de CO^2 más bajas y más altas) (Fernández-Eguiarte *et al*., 2015). Se ejecutó nuevamente el programa para generar los mapas utilizando los factores climáticos que tuvieron una mayor contribución al modelo. Con el uso de ArcMap 9.3® se determinó la distribución espacial del hábitat climático ideal convirtiendo el número de píxeles a km². Finalmente, considerando una probabilidad superior al 50%, se generaron mapas de la distribución potencial de la especie.

Resultados y discusión

Distribución actual probable y potencial.

Se proyectó que la superficie actual probable de *L. diversifolia* (65,971.63 km²) disminuirá en los escenarios de mediano plazo y futuro lejano (2050 y 2090). Se espera que la reducción en la superficie sea mayor en el futuro lejano en comparación con el futuro de mediano plazo, en un rango de 26.5 % a 12.1 %. Bajo escenarios con mayores emisiones de CO^2 (8.5 Watts/m²), se proyecta que la reducción potencial de la superficie sea mayor en comparación con los escenarios con menores emisiones de CO^2 (2.6 Watts/m²), en un rango de 26.5 % a 6.5 % (Figura 1). En el futuro lejano bajo el escenario SSP5-8.5, se espera que estados como Colima, Tamaulipas, Tlaxcala y Michoacán sean los más afectados por el cambio climático, al experimentar una reducción en la superficie de más del 90 %. Sin embargo, el aumento de la temperatura y la precipitación podría provocar la expansión a nuevas áreas en Guerrero, Jalisco, Estado de México, Hidalgo y Puebla (alrededor del 240 %). Se proyecta que estados como Querétaro, Morelos y San Luis Potosí se verán relativamente menos afectados. De igual manera, bajo el escenario SSP1-2.6, se espera que la superficie de Colima y Tlaxcala se reduzca sustancialmente (100 %), mientras que Michoacán, Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Tamaulipas probablemente se alteren considerablemente (alrededor del 22 %); sin embargo, las condiciones climáticas favorables podrían incentivar la mejora ambiental y la expansión en otras áreas como Jalisco, San Luis Potosí, Guerrero, Querétaro, Hidalgo, Estado de México y Puebla.

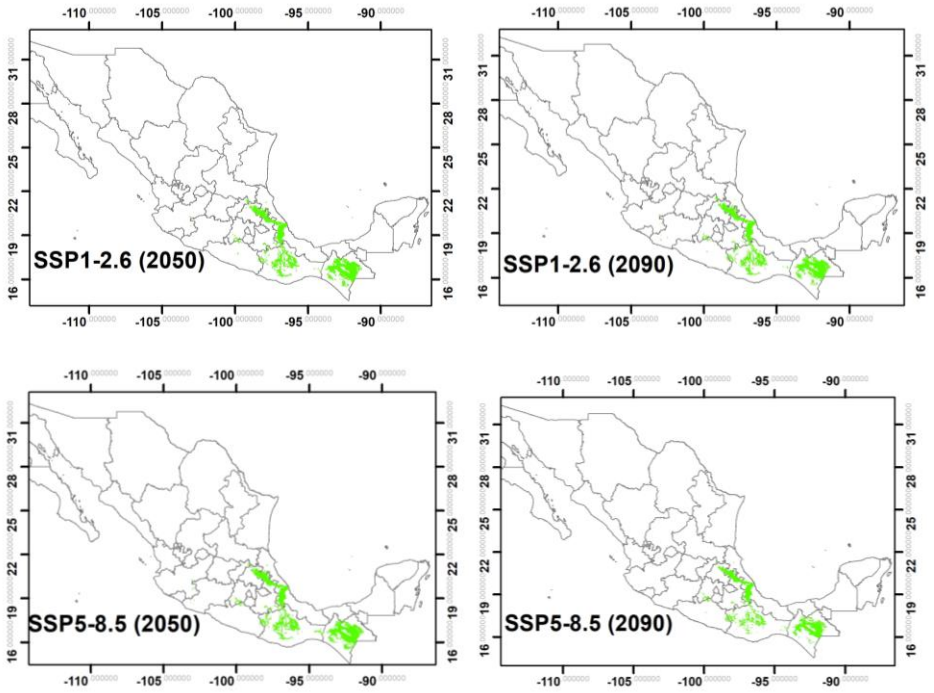


Figura 1. Distribución potencial de *L. diversifolia* en México con base en modelos proyectados para 2050 y 2090.

En el futuro a mediano plazo con SSP5-8.5, se proyecta que las condiciones climáticas disminuyan significativamente la superficie en el estado de Jalisco (96 %). Además, también se espera que la proporción de áreas en Hidalgo y Morelos disminuya sustancialmente, alrededor de 60 %. Sin embargo, se espera que la distribución de la especie aumente en áreas como Tabasco, Querétaro, Michoacán y Guerrero. De manera similar, en el futuro con SSP1-2.6, se espera que Guerrero y el Estado de México reduzcan su superficie de distribución alrededor de 80 %, y Michoacán en 50 %. No obstante, se anticipa que las condiciones ambientales aumenten significativamente las áreas en Tabasco, Querétaro, San Luis Potosí, Morelos, Puebla, Veracruz y Oaxaca.

En escenarios futuros, se espera que los cambios en las poblaciones de *L. diversifolia* reduzcan la diversidad genética debido a la selección direccional y la migración rápida, alterando potencialmente la resiliencia y el funcionamiento de los ecosistemas [40]. Según el modelo MaxEnt, la estacionalidad de la temperatura y la elevación estuvieron entre las variables con mayor contribución (19.7 a 31.6 % y 13.9 a 15.3 %, respectivamente) bajo diferentes escenarios para *L. diversifolia.*

Conclusiones

Se proyecta que la superficie actual probable (65,971.63 km^2) de *L. diversifolia* disminuirá en el futuro 26.5 y 12.1 % (futuro lejano y futuro a mediano plazo, respectivamente. Según los escenarios del modelo, estados como Colima, Tamaulipas y Tlaxcala serán los más afectados por el cambio climático, experimentando una reducción total de la superficie con condiciones óptimas para la especie. Además, los modelos de cambio climático predicen que la distribución actual de la especie en el área de estudio podría reducirse.

Agradecimientos

Se agradece al INIFAP y al personal del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la UBIPRO de la FES Iztacala de la UNAM por el apoyo recibido durante la presente investigación.

Fuente financiadora

Programa de Apoyo a la Investigación y la Innovación Tecnológica (PAPIIT), UNAM No. IG200323.

Referencias bibliográficas

Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2015. Red Mundial de Información Sobre Biodiversidad (REMIB). Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remibnodosdb.html (consultado el 16 de mayo de 2023).

Fernández-Eguiarte, A.; Zavala-Hidalgo, J.; Romero-Centeno, R.; Conde-Álvarez, A.C.; Trejo-Vázquez, R.I. 2015. Actualización de los escenarios de cambio climático para estudios de impactos, vulnerabilidad y adaptación en México y Centroamérica. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Ciudad de México, México.

Phillips, S.J.; Anderson, R.P.; Dudík, M.; Schapire, R.E.; Blair, M.E. 2017. Opening the black box an open-source release of Maxent. Ecography, 40, 887-893.

LLUVIA DE SEMILLAS DE *Pinus hartwegii* Lindl. EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL DEL MONTE TLÁLOC DEL ESTADO DE MÉXICO.

Victor Manuel Tejeda-Landero[1]*, Marcos Jiménez-Casas[1], Héctor Viveros-Viveros[2], Valentín José Reyes-Hernández[1], Victor Manuel Cetina-Alcalá[1], Gustavo Ramírez-Valverde[1]

[1]Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (CP), [2] Universidad Veracruzana (UV)

*Autor para correspondencia: tejeda.landero@gmail.com

Palabras clave: Regeneración natural, ecosistemas de alta montaña, dispersión de semillas

Introducción

En ecosistemas de alta montaña, como los bosques de *Pinus hartwegii* Lindl., especie endémica del Eje Neovolcánico Transversal de México, la producción, liberación y dispersión de semillas están fuertemente influenciadas por factores ambientales como la altitud, la temperatura, el viento y la. La liberación o lluvia de semillas representa una de las fases más críticas en el ciclo de vida de las plantas, debido a que determina en gran medida los patrones espaciales de establecimiento y la dinámica poblacional de las especies vegetales estacionalidad (Sáenz-Ceja *et al*., 2022).

P. hartwegii forma parte de los últimos límites del bosque arbóreo antes de la zona alpina. Las poblaciones situadas a menor altitud experimentan temperaturas más altas y condiciones de baja humedad, así como altura del arbolado de hasta 20 m y una densidad más alta, mientras que las que se localizan en altitudes elevadas están expuestas a un clima más frío y a la ocurrencia frecuente de heladas, con altura del arbolado de entre 5 y 8 m y una densidad de arbolado menor, la especie presenta un ciclo semillero que va de los 6 a 7 años. Sin embargo, los procesos relacionados con su regeneración natural, particularmente la lluvia de semillas; entendida como la cantidad de semillas que llegan al suelo por unidad de superficie y tiempo, aún son poco documentados, especialmente en gradientes altitudinales donde las condiciones microclimáticas pueden afectar la producción (López-Toledo *et al*., 2017). Comprender los patrones de lluvia de semillas en *P. hartwegii* resulta fundamental para evaluar su capacidad de regeneración frente a perturbaciones como incendios forestales, sequías o el cambio climático, fenómenos que podrían comprometer su permanencia en los límites altitudinales de su distribución. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo caracterizar la lluvia de semillas de *P. hartwegii* a lo largo de un gradiente altitudinal en el monte Tláloc, Estado de México, con el fin de aportar conocimiento sobre su dinámica reproductiva y su potencial de regeneración en condiciones naturales.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en un bosque de *Pinus hartwegii* localizado en el Monte Tláloc, Estado de México. Forma parte del sistema volcánico transmexicano y se sitúa en las coordenadas 19°24′54″ N y 98°42′51″ O, en la región limítrofe con los estados de Puebla y Tlaxcala. El clima predominante es templado, de tipo E (T)H, con una temperatura media anual que oscila entre 10 y 14 °C, y una precipitación media anual que va de los 900 a los 1200 mm (Astudillo-Sánchez *et al*., 2017). El estudio se llevó a cabo en tres sitios distribuidos a lo largo de un gradiente altitudinal (3400, 3600 y 3800 m), en dirección oeste, con árboles de 81 años aproximadamente.

En cada sitio se trazó un cuadro de 100 x 100 m., se subdividió en cuadros de 10 x 10 m. De forma aleatoria se establecieron 30 trampas circulares de 0.5 m^2 c/u (45 m^2 de superficie de captura). Los materiales utilizados para construir las trampas fueron; tela de yute plástica, manguera de polietileno, cople de inserción, alambre galvanizado y tubos de pvc. Se establecieron a un metro de la superficie y en forma cónica para evitar perdida de semillas por el viento y granívoros. La recolecta de semillas que caían en las trampas se realizó mensualmente durante la temporada de liberación, que comprendió desde el mes de noviembre a mayo.

La lluvia de semillas se analizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, utilizando el efecto del mes, la altitud y la interacción entre ellos. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + A_i +$

$M_j + (A*M)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$ Donde: Y_{ijk} = Variable respuesta (número de semillas recolectadas); μ = Media general; A_i = Efecto de la i-ésima altitud; M_j = Efecto de del i-ésimo mes; $(A*M)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre altitud y mes; ε_{ijk} = Error experimental

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos mostraron que el mes tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la cantidad de semillas recolectadas ($p = 0.003$). Asimismo, la altitud también presentó un efecto significativo ($p = 0.002$). En cambio, la interacción entre el mes y la altitud no mostró diferencias significativas ($p = 0.379$) (cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza para la lluvia de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. en tres estratos altitudinales del Monte Tláloc, México.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	F	Valor-p
Mes	1555	6	3.32	0.003
Altitud	927	2	5.94	0.002
Mes * Altitud	1006	12	1.074	0.379

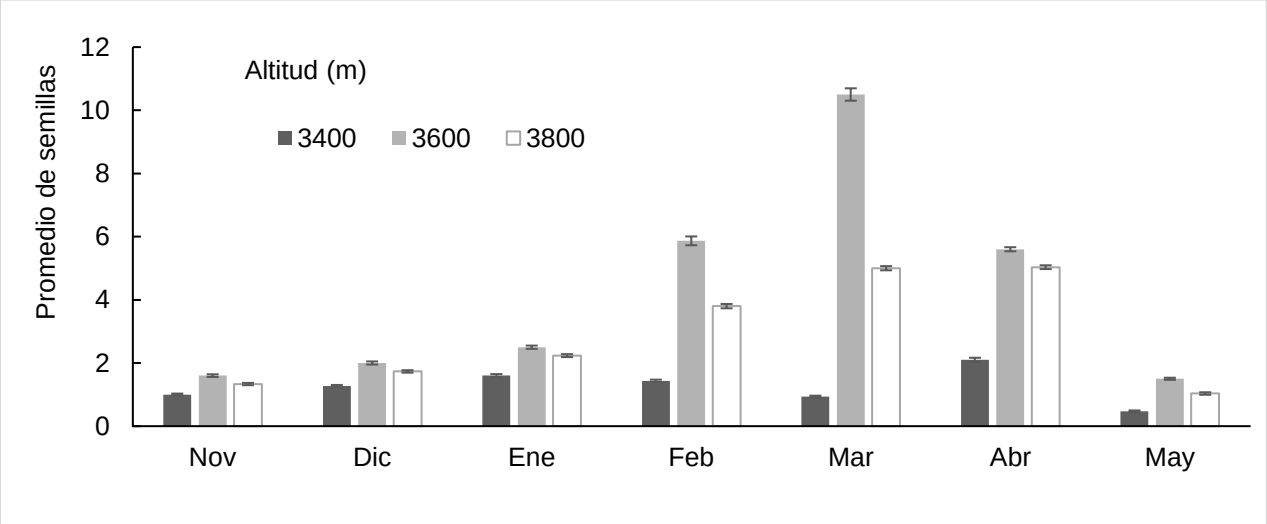


Figura 1. Número promedio de semillas recolectadas en los sitios durante el periodo de liberación.

Los resultados obtenidos podrían estar relacionados con el hecho de que, en ecosistemas distribuidos en rangos altitudinales específicos (como en el caso de esta especie), los extremos altitudinales se asocian a condiciones de estrés por frío o sequía, lo cual podría afectar la producción de semillas, así como la densidad del arbolado que va cambiando a medida que aumenta la altitud. En contraste, el rango altitudinal medio presenta condiciones ambientales más favorables que podrían favorecer dicha producción (López-Toledo *et al*., 2017) (figura 1). El mes en que se registró la mayor cantidad de semillas recolectadas coincide con un incremento de temperatura, lo que permite la apertura de las escamas de los conos y, por ende, la liberación de las semillas. En cambio, la presencia de humedad impide que las escamas se abran, limitando así la dispersión. En promedio la altitud de 3400 m presento la menor cantidad de semillas, por lo que

podría estar afectada por el aumento en la temperatura que esta causando cambios en la distribución de la especie, y podría estar causando este tipo de daños, por lo que se espera que en años siguientes este daño sea más severo (Kahye-Song *et al*., 2017) (figura 1).

Conclusiones

Los patrones de dispersión de semillas de *Pinus hartwegii* a lo largo del gradiente altitudinal del Monte Tláloc muestran que la altitud influye significativamente en la cantidad de semillas liberadas, siendo el sitio intermedio (3600 m) el que presentó la mayor producción, otro factor puede ser la densidad del arbolado, el cual es diferencial a lo largo del gradiente, por lo que la altitud media presenta las mejores condiciones ambientales para la especie. Además, se observó que la mayor liberación ocurre en el mes de marzo, probablemente debido al incremento de temperatura, que facilita la apertura de los conos.

Referencias bibliográficas

Astudillo-Sánchez, C. C., Villanueva-Díaz, J., Endara-Agramont, A. R., Nava-Bernal, G. E., & Gómez-Albores, M. Á. (2017). Influencia climática en el reclutamiento de *Pinus hartwegii* Lindl. del ecotono bosque-pastizal alpino en Monte Tláloc, México. *Agrociencia*, 51(1), 105-118.

García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Kahye-Song, C. Shyr-Shea & S. Joon-Lee (2017) How the pine seeds attach to/detach from the pine cone scale?, Frontiers in Life Science, 10:1, 38-47.

Lopez-Toledo, L., Heredia-Hernández, M., Castellanos-Acuna, D., Blanco-García, A., & Saénz-Romero, C. (2017). Reproductive investment of *Pinus pseudostrobus* along an altitudinal gradient in Western Mexico: implications of climate change. *New Forests*, *48*(6), 867-881.

Sáenz-Ceja, J. E., Arenas-Navarro, M., & Torres-Miranda, A. (2022). Prioritizing conservation areas and vulnerability analyses of the genus *Pinus* L. (Pinaceae) in Mexico. *Journal for Nature Conservation*, *67*, 126171.

IMPACTO DE LA FECHA DE COLECTA SOBRE LA GERMINACIÓN DE *Agave durangensis*

Carlos Iván Cruz-Cárdenas[1]*, Francisco Fabián Calvillo Aguilar[1], Rodolfo Santos Lavalle[2]. Gabriela Sandoval Cancino[1]. Marco Aurelio Aragón Magadán[1].

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). [2]Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Av. Normalistas N°800, Colinas de La Normal, C. P. 44270 Guadalajara, Jalisco, México.

*Autor para correspondencia: cruz.ivan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Agaves, conservación, sostenibilidad

Introducción

La disminución en la diversidad genética de especies de agaves representa una amenaza para su permanencia a futuro (Gentry, H. S., 1992). En este contexto, la conservación de germoplasma adquiere relevancia, pues facilita el mantenimiento de recursos genéticos valiosos para restauración, mejora y uso sostenible (Nobel, P. S., 1988). Entre los factores que condicionan la calidad del germoplasma, la fecha de colecta de semillas es determinante, al influir sobre su peso, integridad y capacidad germinativa. El objetivo de este estudio fue evaluar cómo la fecha de colecta—octubre y diciembre de 2022, y abril de 2023—impacta sobre la calidad y germinación de semillas de *Agave durangensis* Gentry, con el propósito de definir la mejor temporada para su recolección y conservación a largo plazo.

Materiales y métodos

Las semillas examinadas en este estudio fueron colectadas en el poblado de Cieneguilla, Poanas, Durango. La recolección de semillas fue obtenida en un tipo de vegetación matorral xerofito a una altitud de 1941 m.s.n.m en un clima semiárido. Se recolectaron semillas de *A. durangensis* en tres fechas: octubre y diciembre de 2022, y abril de 2023. Para cada accesión se determinó la pureza física; mediante separación de impurezas y cálculo del porcentaje real de semilla. El peso de mil semillas se obtuvo con balanza analítica. La integridad física se evaluó por imágenes de rayos X, clasificando semillas con endospermo y embrión intactos como semilla integra físicamente (ISSTA, 2015).

Para la prueba de germinación, se empleó el método sobre papel: las semillas se colocaron en cámara de germinación con temperatura de 25–27 °C y fotoperiodo de 8 h luz / 16 h oscuridad, durante 15 días. Se registró porcentaje germinado y velocidad de emergencia (índice de velocidad de germinación).

El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco repeticiones de 50 semillas por fecha de colecta. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y comparaciones múltiples con prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS 9.7.

Resultados y discusión

Se observó que las semillas colectadas en abril de 2023 alcanzaron el mayor peso (8.94 g/mil semillas), significativamente superior a las de octubre y diciembre (Figura 1). El análisis por rayos X mostró 100 % de integridad en todas las fechas, lo que indica ausencia de semillas dañadas.

En la prueba de germinación, octubre exhibió 98 % de germinación total, abril 96 % y diciembre un porcentaje inferior (85 %) (Figura 2). A pesar de una leve diferencia en porcentaje, las semillas de abril presentaron mayor velocidad de emergencia, indicando una germinación más rápida y uniforme. Esto coincide con que el final del periodo reproductivo del agave favorece la viabilidad y vigor de semillas (Flores *et al.,* 2018).

En contraste, las semillas de diciembre tuvieron menor vigor, posiblemente debido a condiciones ambientales menos favorables o mayor tiempo desde la maduración hasta la recolección. La diferencia en rapidez de germinación entre octubre y abril podría tener implicaciones prácticas: semillas más rápidas permiten programas de establecimiento o regeneración forestal más eficientes (Pérez *et al.,* 2015).

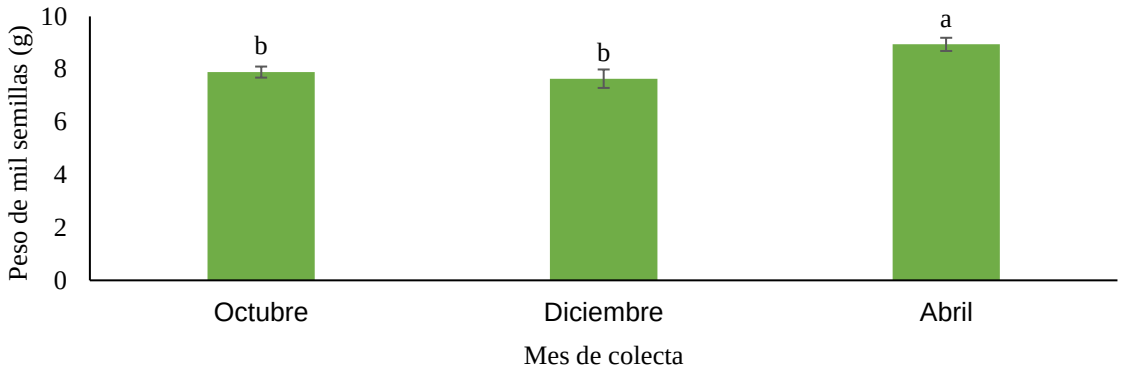
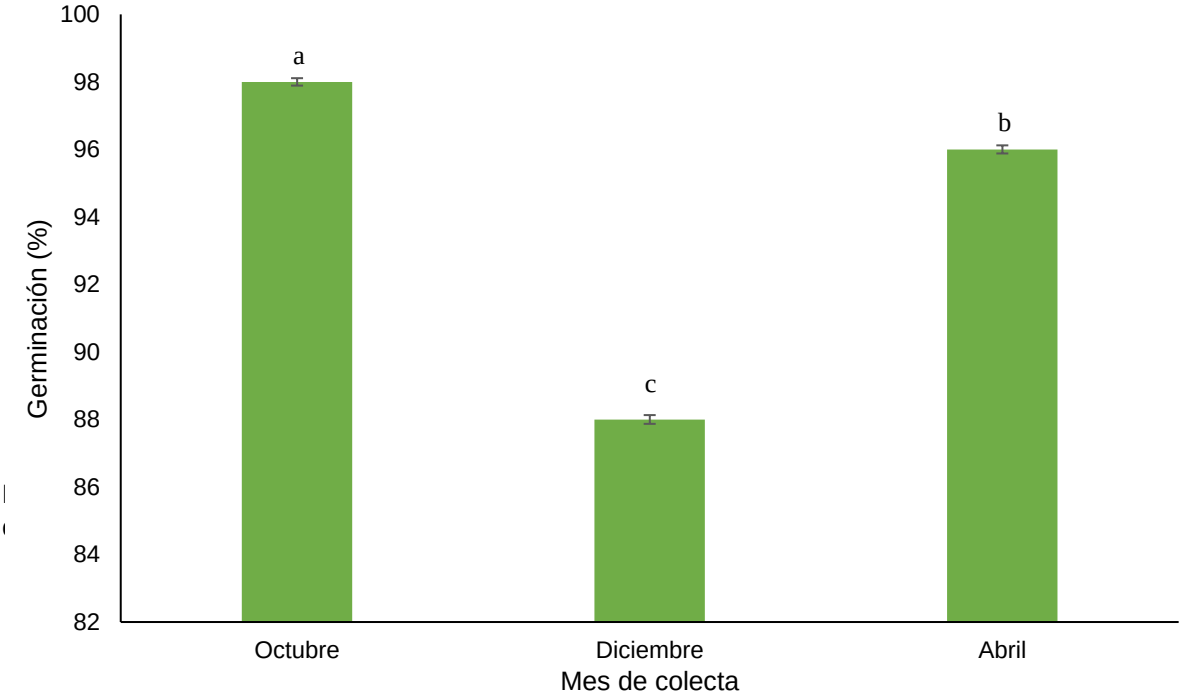


Figura 1. Peso de mil semillas de *agave durangensis* de diferentes fechas de colecta. Prueba de comparación de medias Tukey con α=0.05. Literales diferentes indican diferencias estadísticas.



Conclusiones

La fecha de colecta influye en el peso, vigor y germinación de semillas de *Agave durangensis*.

Las semillas colectadas en abril de 2023 presentaron el peso más alto de mil semillas y buena germinación (96 %) con mayor velocidad de emergencia.

Las semillas colectadas en el mes de octubre también mostraron alta germinación (98 %), pero con menor velocidad que abril.

Las semillas colectadas en diciembre tuvieron calidad inferior, lo que sugiere evitar esa época para recolección.

Se recomienda colectar semillas en abril para optimizar la calidad del germoplasma de *A. durangensis* y favorecer su conservación y propagación.

Agradecimientos y fuente financiera

Se agradece al personal técnico de la Colección de Semillas del CNRG por su apoyo en el procesamiento de semillas. Este trabajo fue financiado por el proyecto de investigación No. SIGI: 1003134858: Caracterización y conservación de parientes silvestres de agaves tequileros y mezcaleros.

Referencias bibliográficas

Gentry, H. S. (1992). *Agaves of Continental North America*. University of Arizona Press.

Nobel, P. S. (1988). *Environmental Biology of Agaves and Cacti*. Cambridge University Press.

Pérez, R., et al. (2015). “Viabilidad y germinación de semillas de *Agave angustifolia* en diferentes condiciones de almacenamiento.” *Botanical Sciences*, 93(4): 741–749.

Flores, J., Calvillo, F. F., & Castro, C. (2018). “Efecto de la fecha de recolección en la calidad de semillas de *Agave* spp.” *Revista Mexicana de Agrobiología*, 9(1): 25–32.

ISTA (2015). *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association.

INDICADORES DE RECUPERACIÓN DEL SUELO EN RESPUESTA A PRÁCTICAS DE RESTAURACIÓN EN LA SIERRA DE ZAPALINAMÉ

Erickson Basave-Villalobos[1*], Pablo Antunez[2], Erika Nava-Reyna3, Vicenta Constante-García[3], José Alberto Urrieta-Velázquez[3], Mariana de Jesús Marcial-Pablo[3]

[1]Campo Experimental Valle del Guadiana, CIR Norte-Centro, INIFAP; [2]División de Estudios de Posgrado, Instituto de estudios Ambientales, Universidad de la Sierra Juárez; [3]CENID-RASPA-INIFAP

*Autor para correspondencia: basave.erickson@inifap.gob.mx

Palabras clave. Calidad del suelo, degradación, propiedades físico-químicas.

Introducción

La sierra de Zapalinamé es un Área Natural Protegida Estatal, con el carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica ubicada en el sureste de Coahuila. Esta área forma parte de un importante corredor biológico de conservación. Presenta una riqueza florística conformada por 921 especies, representadas mayormente por comunidades vegetales de chaparral montano y bosque de pino piñonero. Desafortunadamente, esta reserva natural ha sufrido cambios drásticos en la cobertura de suelo, donde la superficie boscosa, principalmente la del bosque de pino piñonero que se localiza en laderas bajas con poca pendiente, ha disminuido significativamente a consecuencia de los cambios en el uso del suelo por el establecimiento de fraccionamientos campestres y la conversión a terrenos agrícolas (Encina-Domínguez *et al*., 2019). En consecuencia, una importante superficie está experimentando procesos de degradación del suelo. Se han realizado esfuerzos para recuperar los suelos y la cobertura vegetal mediante prácticas de restauración. Aunque se ha logrado establecer una considerable cantidad de árboles, arbustos y pastos nativos, falta cuantificar cuánto estas acciones han contribuido a recuperar la funcionalidad del suelo, ya que esto es un indicador clave para definir el éxito de un programa de restauración (ENASAS, 2022). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar indicadores físico-químicos de recuperación de la calidad del suelo en respuesta a prácticas de restauración en la sierra de Zapalinamé.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el ejido Chapultepec de Arteaga, Coahuila. En esta zona se seleccionaron tres sitios que presentan tres condiciones de interés para el propósito del estudio: la primera, es la condición de referencia, que son ecosistemas sin disturbios aparentes y que mantienen un adecuado grado de funcionalidad; la segunda, es la condición de degradación; la tercera condición consiste en sitios con prácticas previas de restauración. En 2023, en verano (junio) e invierno (noviembre) se realizaron muestreos del suelo conforme a la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002) para analizar diversas propiedades del suelo en esas dos estaciones. La determinación involucró los siguientes parámetros: densidad aparente, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), boro (B), contenido de materia orgánica (MOS), carbono orgánico total (COT), punto de saturación (PS), capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y conductividad hidráulica (CH). Con los datos obtenidos, se examinó la dinámica de cambio en las propiedades del suelo para evaluar el efecto de las prácticas de restauración. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para probar la hipótesis de igualdad entre condiciones, dentro de cada temporada. También se implementó el análisis de varianza con permutacional multivariada (PERMANOVA) para probar la hipótesis de nula contribución de la condición del sitio (conservado, degradado y restaurado), la temporada (invierno y verano) y su interacción. Se usó la función adonis2 del paquete vegan de R (Dixon, 2003).

Para identificar qué variables edáficas mostraron recuperación, se calcularon índices de recuperación (análisis direccional), para cada variable y temporada, estimando un porcentaje de acercamiento del sitio restaurado al conservado respecto al degradado. El criterio usado fue si el índice de recuperación de una

variable edafológica era mayor al 50%, se interpretó que había indicios de recuperación hacia el estado conservado.

Resultados y discusion

Se identificaron dos componentes principales (Dim1 y Dim2) que explican el 67,3 % de la variación total. Se observó una marcada diferenciación entre las condiciones conservada, restaurada y degradada (Figura 1A). Los sitios del área restaurada se encuentran en un estado intermedio. Lo anterior sugiere que la restauración se está desarrollando en los sitios hacia un estado de conservación (Figura 1A). El análisis de componentes principales también mostró que los vectores correspondientes de Cu, CE, COT, son los que más contribuyen en la variabilidad de los datos. Por el contrario, N, K y B mostraron una baja contribución que el resto. Por su parte, el análisis de Kruskal-Wallis, confirmó que al menos una condición es estadísticamente distinta que el resto en los dos periodos (verano, p=.027, invierno p=0.26).

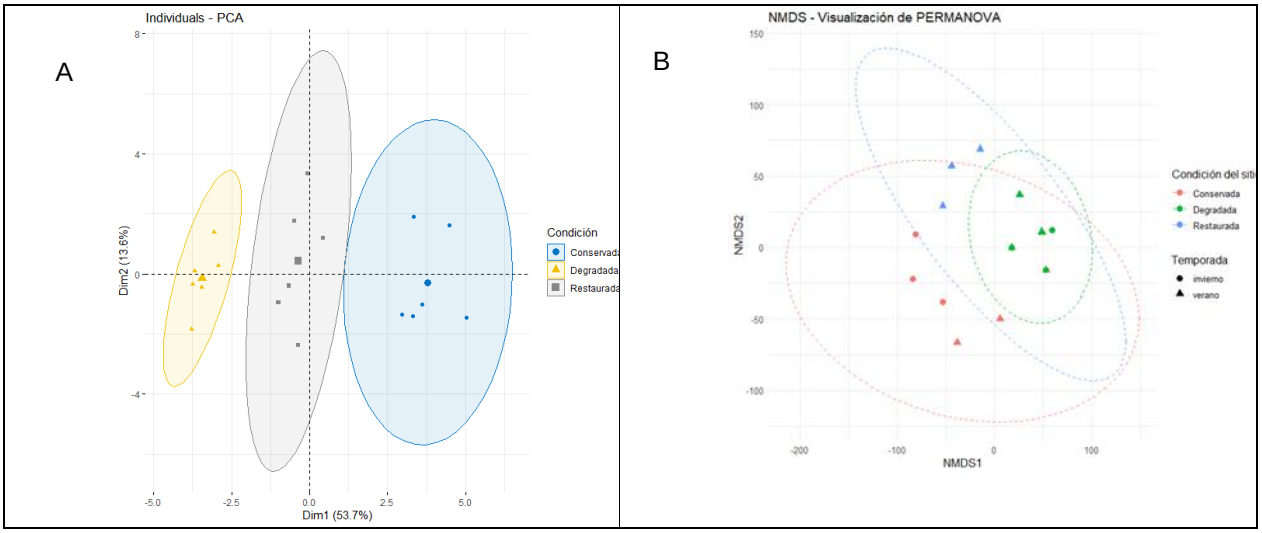


Figura 1. Análisis de Componentes Principales (ACP) (A) de los sitios de muestreo según variables fisicoquímicas y nutricionales del suelo, agrupados por condición: Conservado (círculos azules), Degradado (triángulos amarillos) y Restaurado (cuadrados grises). Las elipses representan intervalos de confianza del 95 % para cada condición. (B) Gráfica de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Análisis de permanova.

Según el análisis PERMANOVA, la condición del sitio fue altamente significativa (p=0.001). El 61.4% de la variación en los datos se explica por si el sitio está en conservación, aprovechamiento o restauración. Las condiciones del sitio son el principal factor de diferenciación en la matriz multivariada. La interacción entre la Temporada × Condición fue significativa (p=0.018). De modo que hay indicios de que el efecto de la condición del sitio cambia entre temporadas, o viceversa. Aunque no es tan fuerte como el efecto principal de "Condición", su contribución del 12.3% es estadísticamente relevante. El análisis NMDS (Figura1B) muestra una evidente separación entre las condiciones del sitio (conservado, degradado y restaurado), con poca superposición entre grupos, lo que indica diferencias en la composición edáfica. No se observa una agrupación evidente por temporada, lo que coincide con los resultados de PERMANOVA que indican un efecto significativo de la condición del sitio, pero no de la temporada.

En el periodo de verano, las variables edáficas con un índice de recuperación superior al 50% en los sitios restaurados respecto a los conservados fueron: N (106.02%), P (59.34%), Ca (78.33%), Zn (60.00%), Mn (85.71%), CIC (161.11%), MOS (126.83%) y COT (126.83%). La mayoría de estas variables muestran una mejora significativa, e incluso en algunos casos (MOS y CIC), una sobrecompensación del estado de referencia. Estos resultados sugieren que las prácticas de restauración no solo están permitiendo la recuperación de la fertilidad del suelo, sino que también están generando condiciones edáficas que podrían favorecer una mayor productividad y actividad biológica en el sitio. Las variables que evidenciaron una

recuperación parcial, con valores por debajo del 50%, fueron PS (41.18%), CC (41.89%), PMP (40.91%), CH (35.48%), pH (47.37%), Mg (22.82%) y Fe (5.55%). Aunque estas variables muestran una tendencia positiva, aún no alcanzan el nivel observado en los sitios conservados. En contraste, algunas variables presentaron índices negativos, lo que indica que los sitios restaurados se encuentran en peor condición que los conservados. Estas fueron: K (-58.49%), Cu (-11.76%), B (-190.00%) y Densidad aparente (-33.33%). Estos resultados sugieren posibles procesos de pérdida de nutrientes o compactación del suelo en los sitios restaurados durante la época de lluvias (Weil y Brady, 2017).

Durante el periodo de invierno, las variables edáficas que mostraron índices de recuperación superior al 50% en los sitios restaurados con respecto a los conservados fueron: Ni (172.88%), P (218.60%), Mg (64.38%), Cu (71.43%), B (104.55%), CH (62.50%), pH (66.67%), Densidad aparente (71.43%), MOS (50.78%) y COT (50.78%). Estas variables reflejan una recuperación notable de la calidad del suelo (Weil y Brady, 2017). Por otro lado, algunas variables mostraron una recuperación parcial, con índices por debajo del 50%, lo que sugiere que aún no se alcanza el nivel de referencia de los sitios conservados. Estas incluyen: Zn (40.82%), PS (41.38%), CC (41.14%), PMP (41.49%) y Mn (8.72%). Los casos de índice negativo, que indican que los sitios restaurados están en peor condición que los conservados, fueron observados en K (-160.66%), CIC (-48.44%), Ca (-31.71) y Fe (-0.37). Estas situaciones podrían estar relacionadas con procesos de lixiviación, cambios en la materia orgánica o desequilibrios en la dinámica de nutrientes (Weil y Brady, 2017).

Conclusiones

Los indicadores evaluados sugieren que las prácticas de restauración realizadas en la sierra de Zapalinamé están promoviendo cambios en las propiedades del suelo hacia una condición de mejora en la calidad de este.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a las autoridades del Ejido Chapultepec de Arteaga y a PROFAUNA, A.C. Este estudio fue financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias mediante el proyecto de investigación: “Recuperación de la funcionalidad de suelo degradados bajo diferentes estrategias en ecosistemas áridos y templados del norte de México”, número SIGI: 8295235642.

Referencias bibliográficas

Dixon, P. (2003). VEGAN, a package of R functions for community ecology. *Journal of Vegetation Science*, *14*(6), 927-930. https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02228.x

Encina-Domínguez, J. A., Villarreal-Quintanilla, J. A., Estrada-Castillón, E y Rueda-Moreno, O. (2019). Situación actual de la vegetación de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Botanical Sciences*, *97*(4), 630-648. https://doi.org/10.17129/botsci.2213

Estrategia Nacional de Suelo para la Agricultura Sostenible (ENASAS). (2022). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA). Gobierno de México. 62 p. Consultado en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/754319/Estrategia_Nacional_de_Suelo_para_la_Agricultura_Sostenible.pdf

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2002). Norma oficial mexicana-NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Diario Oficial de la Nación. México, D.F. 73 p. Consultado en: https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf

Weil, R.R., & Brady, N.C. (2017). The Nature and Properties of Soils, 15th ed.; Pearson Education Limited: London, UK.

ÉXITO DE INJERTOS RECÍPROCOS CON DOS VARIEDADES DE *Pinus pseudostrobus* Lindl.

Rubén Barrera-Ramírez[1*] Hipólito Jesús Muñoz-Flores[1], J. Jesús Vargas Hernández[2], Martín Gómez Cárdenas[1], Jonathan Hernández Ramos, Alberto Pérez Luna[2].
[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Uruapan, Michoacán, [2]Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco. [3]Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato

*Autor para correspondencia: ruben.barrera.ram@gmail.com

Palabras clave: Injerto reciproco, compatibilidad, supervivencia.

Introducción

La propagación vegetativa permite la clonación íntegra de los genotipos superiores deseados (Darikova *et al*., 2011). El injerto se ha utilizado principalmente para la propagación de árboles frutales, mientras que en coníferas ha aumentado gradualmente, en particular, para establecer huertos semilleros clonales (Barrera-Ramírez *et al*., 2021). El éxito del injerto es mayor cuando la púa y el patrón presentan afinidad taxonómica y genética (López-Hinojosa *et al*., 2021). La compatibilidad entre la púa y patrón se refleja en el grado de éxito de la unión entre ambas estructuras del injerto y su desarrollo posterior como una sola planta y están asociados al nivel de afinidad taxonómica. Dicha afinidad se presenta desde homoinjertos (cuando púa y patrón proceden del mismo individuo, con elevada compatibilidad), injertos intraespecíficos (púa y patrón pertenecientes al mismo taxón) e interespecíficos (púa y patrón de diferentes especies del mismo género), hasta injertos intergenéricos que generalmente presentan incompatibilidad (Darikova *et al*., 2011). Sin embargo, la información disponible de la relación entre afinidad taxonómica y compatibilidad de injertos en pinos es limitada, por lo tanto, el objetivo fue determinar el efecto del nivel de afinidad taxonómica en la combinación púa/patrón sobre la supervivencia y crecimiento del brote en injertos de *P. pseudostrobus* var. *pseudostrobus* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un vivero forestal cubierto con malla sombra de 50% de retención de luz que pertenece al Campo Experimental Uruapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, ubicado en las coordenadas 19° 24’ 25.35” N y 102° 3’4.16” O, a 1,610 m de elevación, en Michoacán, México. La semilla para la producción de la planta patrón se recolectó de cuatro árboles superiores de *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* en diferentes localidades de Oaxaca y se seleccionó un árbol superior por localidad para reducir el error atribuible al efecto del progenitor. El mismo procedimiento se hizo para la variedad *pseudostrobus*, pero en localidades de Michoacán.

La producción de los portainjertos se realizó bajo condiciones de invernadero en contenedores plastificados de 310 cm^3 y 54 cavidades que contenían sustrato formado por la mezcla de turba de musgo, vermiculita y perlita en proporción 2:1:1. A los dos meses, la planta se colocó en el vivero y posteriormente, a los 10 meses, las plantas se trasplantaron a bolsa de polietileno negro, calibre 400 de 5.2 L de capacidad en un sustrato de 60% tierra de monte (Andosol húmico) y 40% de corteza de pino molida con fertilizante Multicote® 15- 7-15+2 MgO + micronutrientes, en proporción de 3 kg m^3 de sustrato. Al momento del injertado, la planta patrón de ambas variedades tenía1.5 años. Las plantas de las variedades *oaxacana* y *pseudostrobus* tenían altura promedio de 77.5 ± 8.5 cm y 88.5 ± 5.5 cm, respectivamente y diámetro promedio en la base del tallo de 11.0 ± 1.5 mm y 12.4 ± 2.2 mm, respectivamente.

Para garantizar la mayor compatibilidad genética entre los órganos a injertar (al menos 50 % en homoinjertos), las púas se recolectaron de los mismos lotes de la planta patrón, correspondientes a las progenies de los genotipos seleccionados para cada variedad. Las púas se recolectaron el mismo día del injertado, mediante el corte de la sección superior a 35±6.5 cm del ápice terminal hacia la base de la planta, para realizar las combinaciones en cada nivel de afinidad púa/patrón. Las púas tuvieron longitud de 12 ± 1.5 cm y diámetro de 10.5 ± 2.2 mm y se trataron con fungicida Ridomil Gold® en dosis de 1 ml L^{-1} de agua, para evitar daños por hongos en el injerto. En el ensayo se consideraron tres niveles de afinidad entre púa y patrón: 1) homoinjertos (*i.e.,* combinación de púa y patrón de progenies del mismo árbol madre) en las dos variedades; 2) injertos intravarietales (combinación de púa y patrón de progenies distintas dentro de

una variedad) e 3) injertos intervarietales (combinación de púa y patrón de variedades distintas). La proporcionalidad de interacción fue de 4:12:9 para los niveles uno, dos y tres en cada variedad. En total se realizaron 258 injertos mediante la técnica de fisura terminal. Se evaluó la supervivencia (SUP) a través de categorías binarias de 0 para los injertos sin prendimiento y 1 para injertos prendidos y con respuesta de crecimiento desde el injertado y hasta 90 días después de este (ddi). Estadísticamente se analizaron tres factores con diferentes niveles cada uno: a) tres niveles de afinidad púa-patrón, b) dos variedades y c) cuatro genotipos (origen) anidados en cada variedad con arreglo factorial 3 x 2 x 4. El efecto de los factores y sus interacciones en relación con los valores de supervivencia se determinaron con un análisis de varianza (ANOVA) con el procedimiento lineal generalizado mixto (GLIMMIX) para datos con distribución binomial ($\alpha = 0.05$); en el caso del crecimiento del brote, el ANOVA se realizó con el procedimiento MIXED para datos con distribución normal y cuando se presentaron diferencias significativas, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ($p = 0.05$). Todos los análisis estadísticos se realizaron con SAS 9.4 (SAS Institute, 2013).

Resultados y discusión

A los 35 ddi se detectó la formación de nuevas acículas y el crecimiento del brote (Cb), indicadores del prendimiento de los injertos. A los 90 ddi la supervivencia general fue 33%; que en comparación con otros trabajos realizados en la misma especie es un valor alto; por ejemplo, Barrera-Ramírez *et al*. (2021) reportaron 30% de éxito a 90 ddi con la misma especie. Se realizó una prueba de supervivencia estimada por el método Kaplan-Meier la cual mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los niveles de afinidad del injerto a 90 ddi (Figura 1). La supervivencia de los homoinjertos e injertos intravarietales fue menor de 20%, mientras que los injertos intervarietales tuvieron una supervivencia de 32.8% con diferencias de hasta 15.5% entre niveles de afinidad.

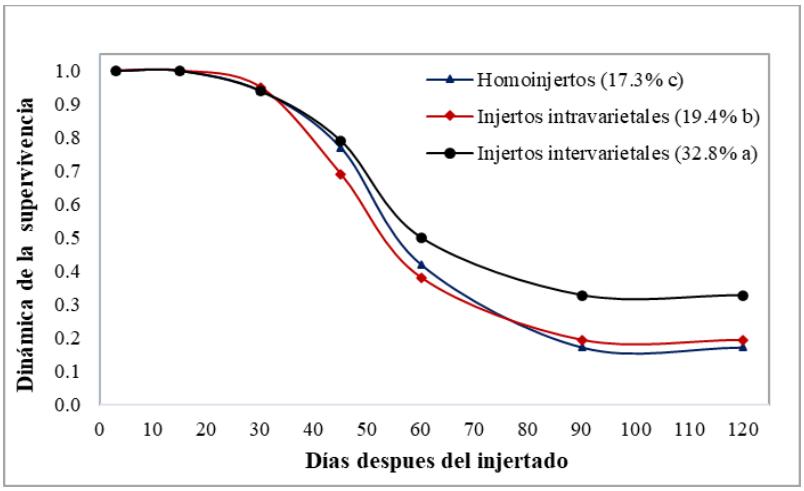


Figura 1. Dinámica de la supervivencia con el modelo de Kaplan-Meier para injertos realizados en distintos niveles de afinidad y dos variedades de *P. pseudostrobus*.

Los resultados del análisis estadístico evidenciaron efectos significativos ($p<0.05$) de los tres factores individuales estudiados (a, b y c) en la supervivencia del injerto, así como de la interacción del nivel de afinidad con la variedad de la yema (a*b); el Cb solo presentó diferencias estadísticas asociadas al efecto del genotipo dentro de la variedad (factor c) y de su interacción con el nivel de afinidad (a*c) (Cuadro 1). La prueba de comparación de medias de Tukey señaló que el efecto del nivel de afinidad (factor a) en el prendimiento del injerto fue de 53.3 ± 4.2% en injertos intervarietales y el más bajo en homoinjertos, con 22.8±5.2%. Por otra parte, el Cb, no fue afectado de manera significativa ($p\leq0.05$) por el nivel de afinidad púa/patrón. En el efecto de la variedad (factor b), los injertos con púas de la var. *pseudostrobus* presentaron 47.2±5.0% de supervivencia, casi el doble de la supervivencia de los injertos con púas de la var. *oaxacana* (24.1±5.2%) (Cuadro 1). El éxito de los injertos intervarietales en *P. pseudostrobus* indica una relación cercana entre las var. *pseudostrobus* y *oaxacana*, con estructuras anatómicas similares que permiten un mejor acoplamiento y funcionalidad de los tejidos del cámbium en este tipo de injertos (Solorio-Barragán *et al*., 2021). Por lo tanto, el éxito y crecimiento del brote aumentan cuando se selecciona adecuadamente el genotipo de la púa junto con un buen patrón ya que estos permiten la unión exitosa de ambas estructuras.

Cuadro 1. Valores promedio (±error estándar) de los factores del nivel de afinidad, la variedad y el genotipo dentro de la variedad en la supervivencia y crecimiento del brote en injertos recíprocos de dos variedades de *P. pseudostrobus.*

Factor Nivel de afinidad	Obs (n)	Supervivencia (%)	Crecimiento de brote (cm)
Homoinjertos	90	22.86 ± (5.2) b	15.74 ± (0.68) a
Injertos intravarietales	120	30.82 ± (4.2) ab	15.04 ± (0.38) a
Injertos intervarietales	48	53.28 ± (4.5) a	14.41 ± (0.41) a
Variedad			
var. *oaxacana*	129	24.1 ± (5.2) b	15.1 ± (0.4) a
var. *pseudostrobus*	129	47.2 ± (5.0) a	15.0 ± (0.4) a
Genotipo (dentro de variedad)			
var. *oaxacana*:			
3	36	53.0 ± (7.8) a	15.2 ± (0.55) a
13	36	11.0 ± (7.8) c	14.0 ± (0.63) a
38	21	19.0 ± (10.3) bc	14.5 ± (0.58) a
45	36	42.0 ± (7.8) ab	14.7 ± (0.60) a
var. *pseudostrobus*:			
6	36	40.0± (7.8) a	14.1 ± (0.63) b
15	36	44.0± (7.8) a	13.6 ± (0.61) b
62	36	42.0± (7.8) a	18.1 ± (0.63) a
76	21	62.0± (10.2) a	15.0 ± (0.73) ab

*Letras diferentes en una columna indican diferencias significativas (Tukey, p≤0.05).

Sin embargo, en ocasiones el suministro ascendente de nutrientes y agua, así como el flujo descendente de los fotosintatos, y el intercambio de señales hormonales entre las raíces del portainjerto-púa, y actividades fotosintéticas púa-portainjerto, los cuales pueden explicar muchos de los efectos desfavorables conocidos en los injertos, como son el poco prendimiento, bajos crecimientos, poca o nula productividad de estróbilos y un bajo porcentaje de supervivencia (Darikova *et al*. 2011)

Conclusiones

El éxito y crecimiento de los injertos realizados con *Pinus pseudostrobus* var. *pseudostrobus* y *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* y sus recíprocos fueron determinados significativamente por el nivel de afinidad, la variedad de la yema y el genotipo de la púa. Por lo tanto, existe un nivel adecuado de compatibilidad filogenética entre las dos variedades a nivel intervarietal cuando se injertan púas de la var. *pseudostrobus* en planta patrón de la var. *oaxacana*, pero no en los injertos interparietales recíprocos.

Agradecimientos

Al INIFAP por su apoyo a través del financiamiento del proyecto “Variación intraespecífica y resistencia a factores de estrés ambiental en progenies selectas de *Pinus pseudostrobus* Lindl”.

Referencias bibliográficas

Darikova, J.A., Savva, Y.V., Vaganov, E.A., Grachev, A.M., Kuznetsova, G.V. (2011) Grafts of woody plants and the problem of incompatibility between scion and rootstock (a review). Journal of Siberian Federal University. Biology 4(1): 54-63.

Barrera-Ramírez, R., Vargas-Hernández, J.J., López-Aguillón, R., Muñoz-Flores, H.J., Treviño-Garza, E.J., Aguirre-Calderón, O.A. (2021). Impact of external and internal factors on successful grafting of *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov) Harrison. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 27*(2): 243–256.

López-Hinojosa, M, de María N., Guevara, M.A., Vélez, M.D., Cabezas, J.A., Díaz, L.M., Mancha, J.A., Pizarro, A., Manjarrez, L.F., Collada, C., Díaz-Sala C., Cervera-Goy, M.T. (2021). Rootstock effects on scion gene expression in maritime pine. *Sci Rep 11*: 11582.

Solorio-Barragán, E.R., Delgado-Valerio, P., Molina-Sánchez, A., Rebolledo-Camacho, V., Tafolla-Martínez, M.Á. (2021). Interspecific grafting as an alternative for asexual propagation of *Pinus rzedowskii* Madrigal & Caball. Del. in danger extinction. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 27*(2): 277–288.

TENDENCIAS DE CAMBIO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA: UN ESTUDIO DE CASO EN EL LIMÓN DE CUAUCHICHINOLA, MORELOS, MÉXICO

Francisco Montoya-Reyes[1,2]*, Juan Ignacio Valdez-Hernández[2], Héctor A. Trujillo-Martínez[2], Miguel Caballero Deloya[2]

[1]Campo Experimental Chetumal, CIRSE, INIFAP; [2]Colegio de Postgraduados, Posgrado en Ciencias Forestales

*Autor para correspondencia: montoya.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave. Bosque tropical estacionalmente seco; cambio climático; Mann-Kendall.

Introducción

La temperatura y la precipitación son variables climáticas que influyen en la disponibilidad de agua, la dinámica de la vegetación y el equilibrio de los ecosistemas. Analizar su comportamiento en ecosistemas sensibles es fundamental para comprender su impacto en los procesos ecológicos. En este contexto, la comunidad de El Limón de Cuauchichinola, ubicada en el municipio de Tepalcingo, Morelos, México, representa un estudio de caso relevante al encontrarse dentro de un área rodeada de bosque tropical estacionalmente seco (BTES), uno de los ecosistemas más amenazados y relativamente menos estudiados en cuanto a su respuesta al cambio climático (Siyum, 2020). Aunque existen estudios que documentan tendencias climáticas a escalas regional y nacional, persiste un vacío de información a nivel local (Jupin *et al*., 2024), que limita la formulación de estrategias de conservación y restauración sustentadas en evidencia científica. Considerando este contexto y de las evidencias globales sobre el cambio climático, la hipótesis de trabajo plantea que entre 1979 y 2022 no se presentaron tendencias de cambio en la precipitación y temperatura para zona de estudio, dado que sus efectos pueden variar localmente. El objetivo fue analizar las tendencias climáticas en un BTES, con el propósito de generar información que contribuya a orientar estrategias de adaptación al cambio climático en este tipo de ecosistemas.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló a partir de datos climáticos de la estación meteorológica “El Limón” (00017057), ubicada en las coordenadas 98°56'07" O; 18°31'48.61" N (SMN, 2025). Esta se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH), área natural protegida desde 1999, localizada entre el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. La comunidad se sitúa a una altitud de 1,220 msnm y más del 90% del paisaje está dominado por tipos de vegetación que se agrupan dentro del BTES, como el bosque caducifolio, el bosque espinoso y el bosque subcaducifolio. El análisis se basó en datos de precipitación total anual y temperatura anual (máxima, media y mínima) correspondientes al periodo 1979–2022. Para evaluar posibles cambios significativos en las series temporales, se realizaron análisis de tendencia a escalas anual y mensual mediante pruebas no paramétricas, adecuadas para datos con estacionalidad y sin requerimientos de normalidad. Se aplicó la prueba de Mann-Kendall (Jupin *et al*., 2024) para detectar tendencias estadísticas significativas, obteniendo el valor de probabilidad (p), considerando un umbral de significancia de 0.05. Posteriormente, la magnitud de dichas tendencias fue estimada mediante el método de Sen (Sen slope), que proporciona una pendiente robusta basada en la mediana de las diferencias entre pares de observaciones. Adicionalmente, se utilizó la prueba de Pettitt para identificar posibles puntos de cambio en la media de las series anuales. Todos los análisis fueron realizados con el software R.

Resultados y discusión

La serie temporal de precipitación total anual entre 1979 y 2022 (44 años) mediante la prueba de Mann–Kendall evidenció una tendencia creciente (τ = 0.216) significativa ($p < 0.04$) con un incremento de 5.41 mm por año (z=2.0532) (Figura 1a). La prueba de Pettitt identificó un punto de cambio en el año de 1994

(Modified Bayesian Information Criterion = 11.35), de modo que la precipitación total anual aumentó de 784 mm en el periodo de 1979 –1993 (15 años) a 921 mm de 1994 – 2022 (29 años) (17.5 % de incremento). A pesar de lo anterior, la fórmula climática se mantiene como Aw0 (clima cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos). Estos resultados contrastan con Jupin *et al*. (2024), quienes reportaron tendencias decrecientes de 10 % de disminución en la precipitación total anual para diversas estaciones meteorológicas de la cuenca del Río Usumacinta (México – Guatemala) en el periodo de 1959 – 2018 (60 años). Asimismo, la heterogeneidad en los patrones mensuales sugiere una redistribución intraanual de precipitaciones, con implicaciones potenciales para la recarga hídrica y el funcionamiento del BTES, dado que su eficiencia depende no solo del volumen total de lluvia sino también de su distribución temporal.

La serie de temperatura máxima anual presentó una tendencia creciente (τ = 0.443) altamente significativa ($p < 0.001$) con un incremento de 0.06 °C por año (z = 4.228) (Figura 1b). La prueba de Pettitt identificó un punto de cambio en 1992, tras el cual la temperatura máxima anual aumentó de 29.04 °C en el periodo de 1979 – 1991 (13 años) a 30.90 °C en 1992 – 2022 (31 años) (1.86 ° C de incremento). Este comportamiento coincide con lo reportado por Martínez-Austria y Jano-Pérez (2021), quienes documentaron un incremento de 0.04 °C por año en las temperaturas máximas anuales en la península de Baja California, aunque a una tasa inferior a la observada en el presente estudio. Los incrementos mensuales más pronunciados se observaron en enero, febrero y mayo, justo antes del inicio de la temporada de lluvias, lo que sugiere un adelanto o intensificación de las condiciones cálidas previas a la precipitación estacional en el BTES.

La serie de temperatura media anual mostró una tendencia creciente (τ = 0.431), altamente significativa ($p < 0.001$), con un incremento estimado de 0.03 °C por año (z = 4.107) (Figura 1c). No se detectó un punto de cambio en la serie, manteniéndose una media constante de 22.85 °C durante el periodo evaluado. Este incremento progresivo es consistente con las tendencias observadas por Andrade-Velázquez y Montero-Martínez (2023) en el sur-sureste de México (sur: Veracruz, Oaxaca y Puebla; sureste: Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, Campeche y Yucatán), quienes reportaron aumentos de 0.02 °C por año en la temperatura media histórica durante el periodo de 1980 – 2014 (35 años), similares a los registrados en el presente estudio. En el contexto del BTES, este calentamiento gradual puede alterar los ciclos de crecimiento y reproducción de especies, así como incrementar la evaporación y demanda hídrica, con implicaciones para la gestión de recursos y la conservación de la biodiversidad en este ecosistema.

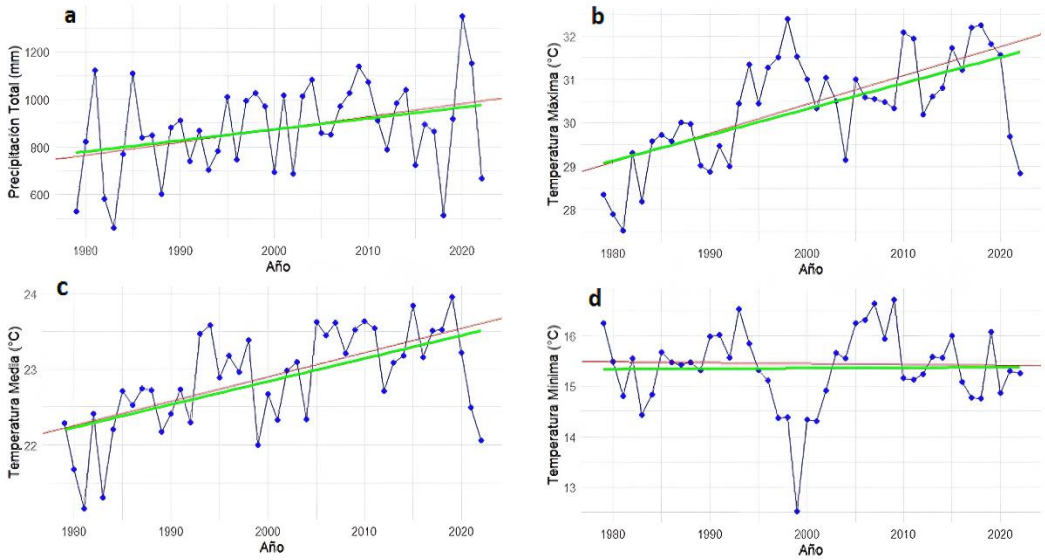


Figura 1. Tendencias climáticas anuales observadas de 1979 a 2022 en El Limón de Cuauchichinola para (a) precipitación total anual (mm), (b) temperatura máxima anual (°C), (c) temperatura media anual (°C), (d) temperatura mínima anual (°C). Línea roja = pendiente de Sen; línea verde = regresión lineal.

La serie de temperatura mínima anual mostró una tendencia ligeramente decreciente (τ = –0.018), no significativa (p = 0.871), con una tasa estimada prácticamente nula de –0.0016 °C por año (z = –0.16185)

(Figura 1d). No se detectó un punto de cambio en la serie, manteniéndose una media prácticamente constante de 15.36 °C durante el periodo evaluado (1979–2022; 44 años). Este hallazgo contrasta parcialmente con lo reportado por Pita-Díaz y Ortega-Gaucín (2020) para el estado de Zacatecas, ya que, aunque su estudio no proporciona una tasa de cambio anual para la temperatura mínima, los análisis estacionales muestran una tendencia decreciente en invierno y otoño, con pendientes negativas estadísticamente significativas. En contraste, para primavera y verano no se identificaron tendencias significativas durante el periodo 1976 – 2015 (40 años). No obstante, las reducciones mensuales en junio y agosto podrían reflejar fenómenos microclimáticos locales en el BTES, como variaciones en la cobertura vegetal o en el uso del suelo.

Los resultados revelan una dinámica climática local coherente con el aumento de temperatura observado a nivel nacional y global. No obstante, la tendencia de precipitación difiere de estudios regionales que señalan una mayor aridez. Aunque la temperatura media y máxima muestran incrementos, el balance hídrico sigue siendo positivo, ya que la evapotranspiración no supera el aumento de precipitación registrado. En consecuencia, no se detecta un cambio en la formula climática. Esta disponibilidad hídrica sugiere que el ecosistema no avanza hacia condiciones más áridas, aunque destaca la necesidad de estrategias de adaptación y monitoreo continuo ante posibles impactos de estas variaciones sobre el BTES.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten rechazar la hipótesis de trabajo, al identificarse tendencias de cambio estadísticamente significativas en las variables de temperatura y precipitación durante el periodo analizado. Estos hallazgos reflejan una transformación climática perceptible en la zona de estudio. No obstante, a pesar del incremento en las temperaturas máximas y medias anuales, no se observa una transición hacia condiciones de aridez en la localidad, ya que la precipitación anual también mostró una tendencia al aumento. Esta particular combinación de variables resalta la complejidad del cambio climático a escala local y enfatiza la importancia de integrar datos históricos en el diseño de estrategias de adaptación, conservación y manejo dentro del BTES, por lo que se recomienda mantener un monitoreo climático de largo plazo y considerar estos patrones emergentes para fortalecer las políticas ambientales locales.

Fuente financiadora

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a través del apoyo a capacitación y formación de personal investigador y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada al primer autor.

Referencias bibliograficas

Andrade-Velázquez, M., & Montero-Martínez, M. J. (2023). Historical and Projected Trends of the Mean Surface Temperature in South-Southeast Mexico Using ERA5 and CMIP6. *Climate,11*(5), 111.

Jupin, J.L.J., Garcia-López, A. A., Briceño-Zuluaga, F. J., Sifeddine, A., Ruiz-Fernández, A. C., Sanchez-Cabeza, J. A., & Cardoso-Mohedano, J. G. (2024). Precipitation homogenization and trends in the Usumacinta River Basin (Mexico-Guatemala) over the period 1959–2018. *International Journal of Climatology*, *44*(1), 108-125.

Pita-Díaz, O., & Ortega-Gaucin, D. (2020). Analysis of anomalies and trends of climate change indices in Zacatecas, Mexico. *Climate, 8*(4), 55.

Martínez-Austria, P. F., & Jano-Pérez, J. A. (2021). Climate change and extreme temperature trends in the Baja California Peninsula, Mexico. *Air, Soil and Water Research*, *14*, 1-11.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2025. Normales climatológicas (Periodo de referencia: 1979-2022). Comisión Nacional del Agua. Consultado en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado

Siyum, Z. G. (2020). Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. *Ecological Processes*, *9*(1), 1-16.

ESTUDIO MICROSCÓPICO DE LA DINÁMICA INTRA-ANUAL DE FORMACIÓN DE MADERA EN LOS EXTREMOS DEL GRADIENTE ALTITUDINAL DE *Pinus hartwegii* EN MONTE TLÁLOC, ESTADO DE MÉXICO

Yareli Soto Carrasco[1*], Hilda A. Zavaleta-Mancera[2], J. Jesús Vargas Hernández[1]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Ciencias Forestales. Carretera México-Texcoco km 36.5. C. P. 56230. Texcoco, Estado de México, México.[2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Botánica. Carretera México- Texcoco km 36.5. C. P. 56230. Texcoco, Estado de México, México.

[*]Autor por correspondencia; correo-e: soto.yareli@colpos.mx

Palabras clave: Cambium vascular, xilema, calentamiento global.

Introducción

El cámbium vascular es un meristemo secundario que desempeña un papel fundamental en el crecimiento radial de tallos y raíces en plantas leñosas, como las gimnospermas y las dicotiledóneas. Este tejido se localiza entre el xilema y el floema, y su función principal es generar floema secundario hacia el exterior y xilema secundario (madera) hacia el interior. A medida que la actividad cambial se mantiene, se produce madera con una notable diversidad anatómica (De Micco *et al*., 2019). Dicha diversidad no es aleatoria, sino que responde a funciones específicas como el transporte de agua, el soporte estructural y el almacenamiento de sustancias (De Micco *et al*., 2019). En conjunto, estas características reflejan adaptaciones evolutivas que permiten a las plantas responder de manera eficiente a distintas condiciones ambientales (De Micco *et al*., 2019).

El desarrollo del xilema está regulado por una interacción compleja entre factores endógenos, como las hormonas y el estado fisiológico de la planta, y factores ambientales. Entre estos últimos, la precipitación y la temperatura juegan un papel determinante, ya que afectan procesos clave como la expansión celular, la lignificación y la densidad de la madera (Gindl *et al*., 2000). En particular, la disponibilidad de humedad y las variaciones térmicas, sobre todo en zonas de alta montaña, inciden directamente en la dinámica del crecimiento y en la estructura del xilema, en este contexto, y frente a los efectos del cambio climático, se han documentado respuestas ecofisiológicas significativas en especies leñosas, especialmente en sus límites altitudinales, donde la sensibilidad a las condiciones ambientales se acentúa (Gindl *et al*., 2000).

Pinus hartwegii Lindl. es una especie de alta montaña, con distribución restringida entre los 3000 y 4000 metros en México (Perry, 1991), por lo que es un modelo particularmente sensible para el estudio de los efectos del cambio climático. Investigaciones recientes realizadas en el Monte Tláloc (Zhang *et al*., 2018), han revelado que esta especie ajusta el proceso de formación de madera, con una correlación positiva con la temperatura. Estos hallazgos sugieren una posible respuesta evolutiva frente a las nuevas presiones ambientales impuestas por el calentamiento global.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la dinámica intra-anual de la xilogénesis en dos poblaciones de *P. hartwegii* localizadas en los extremos de su gradiente altitudinal, e identificar las variaciones en las características anatómicas del xilema y en los componentes del anillo de crecimiento entre ambas poblaciones. Esta información puede tener aplicaciones potenciales en el diseño de estrategias de conservación y manejo forestal, al contribuir a comprender cómo responde esta especie a diferentes condiciones ambientales. Además, los resultados podrían ser útiles para predecir su comportamiento frente al cambio climático, así como para mejorar modelos de crecimiento y productividad en ecosistemas de alta montaña.

Materiales y Métodos

Entre marzo de 2023 y marzo de 2024 se muestrearon poblaciones naturales de *Pinus hartwegii* en los extremos altitudinales de su distribución (3500 y 3900 msnm) en el Monte Tláloc (Estado de México, altitud máxima de 4120 m). Se seleccionaron árboles sanos, sin signos de daño por disturbios o agentes bióticos/abióticos. Para monitorear la formación de madera, se recolectaron mensualmente micronúcleos de 20 árboles (10 por altitud), obteniendo una muestra por individuo en cada mes. Las extracciones se realizaron a la altura del pecho con el dispositivo Trephor (15 mm largo, 2 mm diámetro), siguiendo una trayectoria en espiral ascendente a lo largo del fuste, con 2 cm de separación vertical entre muestras. Los

micronúcleos se colocaron en tubos Eppendorf con una solución de etanol al 50% y se almacenaron a 5°C para evitar el deterioro del tejido. En el laboratorio, cada micronúcleo se orientó marcando el lado transversal a las traqueidas con un lápiz bajo un estereoscopio y se deshidrataron a través de una serie sucesiva de etanol para posteriormente incluirse en resina Spurr. Las muestras se fijaron en soportes y se realizaron cortes transversales de 8 µm usando un micrótomo rotativo manual y cuchilla de tungsteno. Las secciones se montaron en portaobjetos con adhesivo de Haupt y formaldehído al 2 %, se estiraron sobre una plancha caliente a 50 °C durante cinco segundos y se secaron durante al menos 24 horas. Posteriormente, se tiñeron con Azul de Toluidina para evidenciar lignina y se observaron al microscopio de campo claro (10–100x), tomando fotografías digitales para identificar las fases del desarrollo de las traqueidas. En cada muestra se contó el número de células en distintas fases del desarrollo (cambiales, agrandamiento, engrosamiento, madurez, madera temprana y tardía) para comparar la xilogénesis entre altitudes. Se estimó el inicio y final del proceso según el porcentaje de árboles con células activas, y se calculó la tasa de producción de traqueidas en desarrollo y maduras, así como el número de traqueidas maduras del año previo para evaluar el crecimiento anual.

Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento Proc Mixed de SAS (SAS Institute, 2003) para evaluar el efecto del factor elevación. Posteriormente, con los valores promedio por elevación de las variables celulares se estimaron las correlaciones entre ellas durante el periodo de evaluación con el propósito de comparar la homogeneidad de la estructura de las correlaciones entre elevaciones, mediante la prueba de homogeneidad de Chi-cuadrada.

Resultados y Discusión

Los resultados del estudio mostraron un efecto importante de la elevación en el crecimiento de *P. hartwegii*, mostrando una mayor producción de traqueidas en el extremo inferior del gradiente altitudinal con respecto al superior durante el periodo de estudio. Las diferencias entre elevaciones en la dinámica intra-anual también podrían estar relacionadas de manera directa con las diferencias en condiciones ambientales en ellas, lo cual podría estar relacionado con una transición más rápida en la formación de madera tardía y un menor periodo de crecimiento en el extremo superior del gradiente altitudinal, debido a condiciones climáticas más desfavorables (Figura 1).

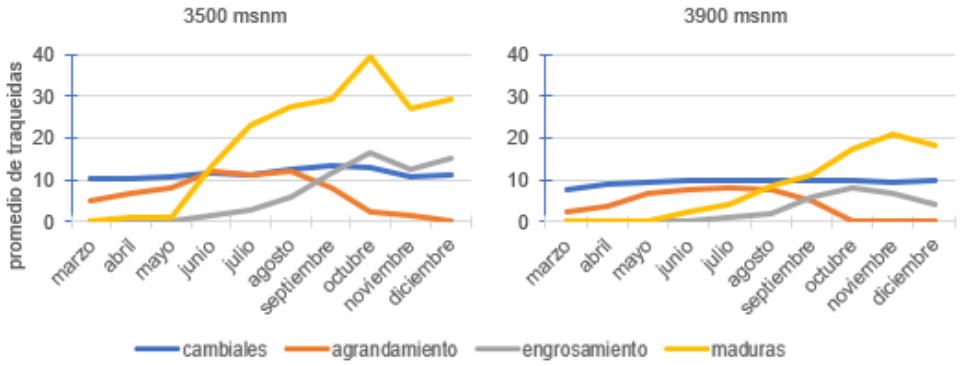


Figura 1. Promedio de traqueidas en cada fase de la xilogénesis, de marzo a diciembre de 2023, en los extremos altitudinales de la distribución natural de *Pinus hartwegii.*

En el Cuadro 1 se presentan los resultados del análisis de varianza del promedio de traqueidas en cada una de las fases de la xilogenesis contra el efecto de la altitud, en donde solo la fase cambial muestra una diferencia estadística clara entre las elevaciones, las fases agrandamiento y engrosamiento no muestran diferencias suficientemente grandes como para atribuirlas al efecto de la elevación, finalmente la etapa de maduración está justo en el límite (0.051), lo cual podría tomarse como indicio de una posible diferencia con más datos.

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza para evaluar el efecto de la altitud en las fases de desarrollo celular.

Fase	term	df	sumsq	meansq	statistic	p.value
cambiales	altitud	1	16.2	16.2	23.1	0.0001
agrandamiento	altitud	1	31.3	31.3	2.0	0.1747
engrosamiento	altitud	1	76.1	76.1	2.8	0.1105
maduras	altitud	1	594.1	594.1	4.4	0.0515

Los resultados muestran que el número de células cambiales aumenta entre junio y agosto y disminuye entre enero y febrero, lo que sugiere que la actividad cambial inicia en mayo, en concordancia con Rossi et al. (2014). En su estudio sobre *Picea abies*, estos autores reportaron que la xilogénesis suele comenzar entre finales de abril y mediados de mayo, dependiendo del clima local, y que su fase más activa ocurre entre junio y agosto, coincidiendo con el periodo de mayor actividad observado aquí. Esta coincidencia temporal respalda la validez de los resultados, al mostrar que *P. hartwegii* presenta un patrón fenológico estacional similar al de otras coníferas de zonas montañosas templadas.

El número de traqueidas en agrandamiento alcanzó su punto máximo entre junio y agosto, en tanto el número de traqueidas engrosadas tuvo un repunte de septiembre a diciembre, mientras que las tasas de producción de traqueidas maduras de madera temprana y tardía alcanzaron su punto máximo entre mediados de septiembre y noviembre. Sin embargo, en el extremo altitudinal inferior los valores en el número de células siempre fueron mayores.

Los patrones fenológicos observados en este estudio, coinciden con estudios previos en *Juniperus przewalskii*, que muestran un inicio más temprano de la formación de madera a menor altitud (aproximadamente 8 días por cada 100 m de descenso) y una duración más corta en altitudes elevadas debido a condiciones climáticas restrictivas como la sequía estival. También se confirma que la tasa de producción celular influye significativamente en el crecimiento del xilema, lo cual respalda la mayor cantidad de células observadas en altitudes bajas en este estudio. Estos hallazgos evidencian que la fenología cambial y la dinámica de formación de madera están fuertemente moduladas por gradientes altitudinales y factores ambientales, reflejando la adaptabilidad de la especie en climas fríos y áridos (Zhang *et al*., 2018).

Conclusiones

Él análisis de la dinámica de crecimiento intra-anual en los extremos altitudinales de *P. hartwegii* proporciona un enfoque útil para entender la dinámica de los procesos asociados con la formación de la madera y su repercusión en la productividad, funcionamiento hidráulico y permanencia de la especie, en un contexto de variabilidad climática.

Agradecimientos
Al Colegio de Postgraduados y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

Fuente financiadora
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)

Referencias bibliográficas

De Micco, V., Carrer, M., Rathgeber, C. B., Julio Camarero, J., Voltas, J., Cherubini, P., & Battipaglia, G. (2019). From xylogenesis to tree rings: wood traits to investigate tree response to environmental changes. IAWA Journal, 40(2), 155-182.

Gindl, W., Grabner, M., & Wimmer, R. (2000). The influence of temperature on latewood lignin content in treeline Norway spruce compared with maximum density and ring width. Trees, 14(7), 409–414.

Rossi, S., Deslauriers, A., Anfodillo, T., Morin, H., Saracino, A., Motta, R., & Borghetti, M. (2014). Plastic and locally adapted phenology in cambial seasonality and production of xylem and phloem cells in *Picea abies* from temperate environments. Tree Physiology, 34(8), 869–881.

Perry, J. (1991). The pines of Mexico and Central America. Portland, Or. Timber Press.

Zhang, J., Gou, X., Pederson, N., Zhang, F., Niu, H., Zhao, S., & Wang, F. (2018). Cambial phenology in *Juniperus przewalskii* along different altitudinal gradients in a cold and arid region. *Tree Physiology*, *38*(6), 840–852.

RASGOS DIMENSIONALES Y PROCESO DE IMBIBICIÓN DE SEMILLAS DE DOS POBLACIONES RELICTO DE *Pinus maximartinezii* RZED.

José Leonardo García-Rodríguez[1], José Ángel Sigala-Rodríguez[1], Homero Sarmiento-López[1], María Gabriela Ramírez-Valadez[1], Julio César Ríos-Saucedo[1] y Erickson Basave-Villalobos[1]
[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México.

*Autor para correspondencia: garcia.leonardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Germoplasma forestal, pino azul, testa.

Introducción

México es considerado centro secundario de diversificación del género *Pinus* con 49 de un promedio de 120 especies en el mundo, incluídas especies endémicas, como *Pinus maximartinezii* Rzed., comúnmente conocido como pino azul. *P, maximartinezii* es una especie con distribución geográfica muy restringida, cuyo hábitat es altamente específico con poblaciones reducidas en tamaño. Además de poblaciones reducidas, también son poblaciones con alta proporción de individuos sobremaduros (individuos de 220 y 250 años) lo cual tiene consecuencias en la dinámica reproductiva de la especie. Además de la baja producción de semillas, las poblaciones naturales de *P. maximartinezii* están en riesgo por la cosecha desregulada de semillas para su propagación como planta ornamental y su venta como piñón en mercados nacionales e internacionales (González-Elizondo et al., 2011). Estos factores han puesto en peligro a la especie, ahora incluida en la NOM-059-SEMARNAT 2010 como especie endémica en peligro de extinción. Una alternativa de conservación *in situ* es la propagación de la planta en vivero para su posterior uso en reforestaciones. Sin embargo, esta actividad, se ve limitada por la dificultad que tienen las semillas para germinar debido a la presencia de compuestos orgánicos repelentes al agua, a la dureza y el grosor de su testa (Valero-Galván et al. 2019). La impermeabilidad de la testa, se atribuye a que presenta una o más capas de células de palizada, compuestas de células esclereidas con paredes celulares lignificadas. En semillas forestales, al aplicar tratamientos de escarificación se puede romper este tipo de dormición exógena, estos incluyen métodos químicos con sustancias corrosivas, o bien, métodos mecánicos que pueden romper o abrasar las cubiertas de las semillas reduciendo su grosor. Sin embargo, es fundamental comprender la influencia de los rasgos funcionales de las semillas, como el tamaño o peso, y grosor de la testa, por su relación con los procesos germinativos, y si estos pueden variar según el origen o procedencia (Luna-Cavazos et al., 2024). El objetivo del trabajo fue caracterizar algunos rasgos dimensionales y el proceso de imbibición de las semillas de dos poblaciones relicto de *P. maximartinezii*.

Materiales y Métodos

Se caracterizaron morfológicamente dos muestras de semillas de *P. maximartinezii* de dos procedencias: Juchipila, Zacatecas y La Muralla, Durango. En una muestra de 500 semillas por procedencia, se determinaron la longitud (mm) y el diámetro (mm) de las semillas. Debido a la forma oblonga a ovado-oblonga de las semillas, ligeramente aplanadas, su diámetro se midió en dos condiciones: 1) el de la mayor anchura o el de la caída de reposo natural de la semilla y 2) el del perfil de la semilla, esto para determinar la posible diferencia de esta característica entre procedencias. Ambos diámetros se midieron con un vernier digital Truper® (CALDI-6MP). Además, en una submuestra de 41 semillas por procedencia cada semilla se partió longitudinalmente por la mitad con un minidisco de corte de rectificadora Dremel® 3001. En cada mitad el grosor de la testa (mm) se midió en cuatro puntos diferentes con vernier digital, ocho mediciones en total, para obtener el promedio general del grosor de la testa de la semilla por procedencia. Por último, se realizó una prueba de imbibición a 5 grupos de 20 semillas de la procedencia La Muralla y 5 grupos de ocho semillas para la procedencia de Zacatecas, esto por ser Zacatecas la procedencia con menor disponibilidad de semillas. Se tomó el peso promedio seco inicial de cada grupo y procedencia (hora cero). En seguida, cada grupo de semillas por procedencia se colocaron en vasos de precipitado con agua destilada hasta cubrir las semillas. A partir de ese momento, se realizaron 4 mediciones del peso húmedo de cada grupo de semillas en intervalos de 6 h entre cada medición hasta el término de 24 h de imbibición

(6, 12, 18 y 24 h). La cantidad de agua absorbida por semilla (g H_2O g^{-1}) se cuantificó a través del tiempo de imbibición para determinar la tasa de imbibición usando la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de imbibición} = \frac{P_t - P_0}{P_0} \times \quad 100$$

Donde: *Pt* es el peso de las semillas embebidas en el tiempo *t* y P_0 corresponde al peso inicial de las semillas antes de la imbibición. Los datos dimensionales de las semillas se analizaron con estadística descriptiva y se hicieron pruebas de *t* para probar las diferencias estadísticas entre procedencias. Los valores de imbibición se ajustaron a la función monomolecular: *y*=A(1-e-*kt*); donde, *y* cantidad de agua absorbida por unidad de peso inicial de la semilla, *t* tiempo de imbibición, A parámetro de la asíntota que representa la absorción máxima de agua posible de la semilla, y *k* tasa constante de imbibición que determina que tan rápido la absorción alcanza el equilibrio. El modelo se ajustó a cada repetición con la función nls del paquete 'stats' de R. De cada modelo se extrajo el valor de *k* por repetición y después se comparó dicho parámetro entre ambas procedencias mediante una prueba de *t.*

Resultados y Discusión

El tamaño de las semillas y el grosor de la testa difirió entre las semillas de La Muralla, Durango y Juchipila, Zacatecas. Las primeras fueron las de mayor tamaño y grosor, en ambos casos los valores superan los valores de otras especies piñoneras como *Pinus cembroides* y *P. orizabensis*, en las que de acuerdo con Hernández-Anguiano et al. (2018), poseen grosor promedio de testa de 0.87 y 0.78 mm, respectivamente (Figura 1).

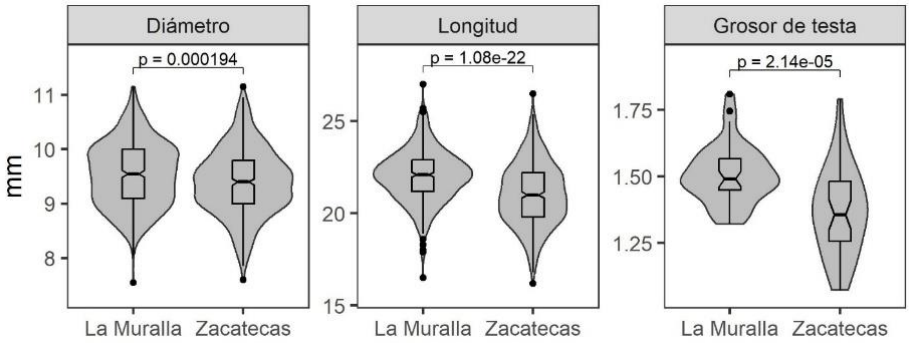


Figura 1. Dimensiones de las semillas de *Pinus maximartinezii* de dos poblaciones naturales registradas La Muralla, Durango y Juchipila, Zacatecas, México.

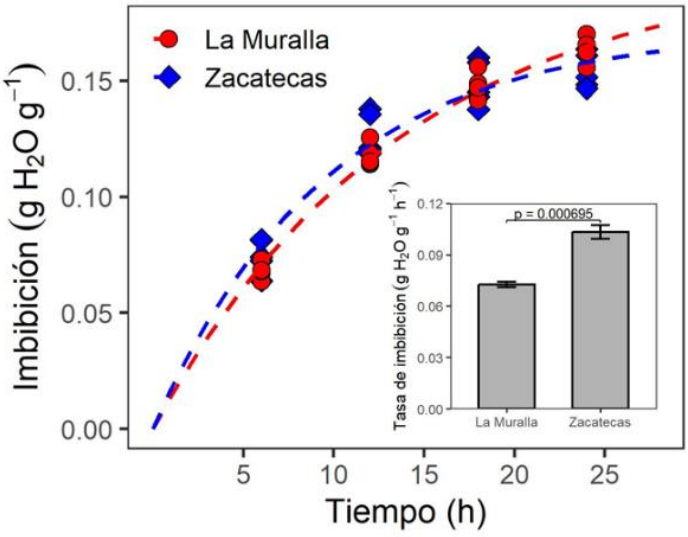


Figura 2. Curvas de imbibición de semillas de *Pinus maximartinezii* de dos poblaciones naturales registradas La Muralla, Durango (rojo) y Juchipila, Zacatecas (azul). Los puntos representan los datos observados y las líneas son datos predichos a partir del ajuste de la función monomolecular. La subfigura inmersa representa la comparación estadística de la tasa constante de imbibición.

La variación en los caracteres morfológicos de las semillas es una condición común en diversas especies forestales, que ocurre tanto a nivel de poblaciones como entre individuos (Calixto-Valencia et al., 2022). Al término de 24 horas del proceso de imbibición, las semillas procedentes de La Muralla mostraron una tendencia a mayor absorción de agua (16.3%), en comparación con las semillas de Zacatecas (15.4%). Pero, la mayor absorción durante las primeras 15 h fue en las semillas de Zacatecas, con una tasa de imbibición constante estadísticamente superior a las semillas de La Muralla (Figura 2). Al igual que Hernández-Anguiano et al. (2018) en un estudio con *P. cembroides* y *P. orizabensis*, los rasgos de las semillas de *P. maximartinezii* no solo fueron diferentes según la procedencia, sino también afectaron la tasa de imbibición. En este caso, las semillas de La Muralla fueron las más grandes y de testa más gruesa absorbieron más agua, pero a una tasa menor de imbibición, es decir en un periodo de tiempo mayor. En semillas de pino, la testa no representa una barrera completamente impermeable, a pesar de su dureza y grosor, lo que comprueban los resultados de la prueba de imbibición realizada.

Conclusiones

Las características morfológicas de las semillas de *P. maximartinezii*, varían entre las poblaciones de Juchipila, Zacatecas y La Muralla, Durango. El grosor de la testa afecta la capacidad de absorción de agua, que es mayor en las semillas de Zacatecas, pero con una tasa de imbibición más constante en las de Durango.

Agradecimientos

Se agradece al Ing. Marco Antonio Barbosa Jiménez, responsable técnico de la Consultora Forestal Durango S.A. de C.V., por la generosa provisión del germoplasma procedente de La Muralla, Durango y a la Dra. Magdalena Martínez-Reyes, Colegio de Postgraduados, por la donación del germoplasma procedente de Juchipila, Zacatecas, los cuales fueron fundamentales para la realización de este estudio.

Referencias Bibliográficas

Calixto Valencia, C. G., V. M. Cetina Alcalá, C. Ramírez Herrera, M. Á. López López, G. Ángeles-Pérez, A. Equihua Martínez y E. Basave Villalobos. 2022. Características morfométricas, reproductivas y germinativas del germoplasma de *Swietenia humilis* Zucc. en Guerrero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 13(72): 148-172.

González-Elizondo, M., González-Elizondo, M. S., Ruacho-González, L, y Molina-Olvera, M. 2011. *Pinus maximartinezii* Rzed. (Pinaceae), primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. Acta Botánica Mexicana 96: 33-48.

Hernández-Anguiano, L. A., López-Upton, J., Ramírez-Herrera, C. y Romero-Manzanares, A. 2018. Variación en germinación y vigor de semillas de *Pinus cembroides* y *Pinus orizabensis*. Agrociencia. 52:1161-1178.

Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A., García-Moya, E. 2024. Variación morfológica en conos y semillas de dos especies piñoneras, en relación a un gradiente latitudinal del Altiplano Mexicano. Bosque. 45(3):413-425.

Valero-Galván, J., Reyna-González, M., Chico-Romero, P. A., Martínez-Ruiz, N. D. R., Núñez-Gastélum, J. A., Monroy-Sosa, A., Ruiz-May, E., & González Fernández, R. (2019). Seed Characteristics and Nutritional Composition of Pine Nut from Five Populations of P. cembroides from the States of Hidalgo and Chihuahua, Mexico. Molecules (Basel, Switzerland), 24(11), 2057.

CLASIFICACIÓN DE SEMILLAS DE *Andira galeottiana* Standl. (FABACEAE). COMO ORTODOXA, INTERMEDIA O RECALCITRANTE SEGÚN SU TOLERANCIA A LA DESECACIÓN.

Óscar Santos Pérez-Heredia[1*], José Rodolfo García-Nava[1], Ebandro Uscanga-Mortera[1], Cecilia Beatriz Peña-Valdivia[1], Alejandrina Robledo-Paz[2], Ma. Carmen Ybarra-Moncada[3].

[1]Posgrado en Botánica y [2]Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. 56264. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México. [3]Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, km. 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230.

*Autor para correspondencia: oscarsantos1327@gmail.com

Palabras clave: Desecación, Recalcitrante, Conservación.

Introducción

A nivel mundial, cerca del 33 % de las especies arbóreas producen semillas sensibles a la desecación, especialmente en ambientes tropicales y subtropicales. Las semillas sensibles a la desecación pierden rápidamente viabilidad al secarse y no se pueden almacenar en instalaciones de bancos de semillas convencionales. Las dificultades que presentan estas semillas han dado lugar a que se les clasifique como "recalcitrantes". A diferencia de la mayoría de las especies ortodoxas, las semillas recalcitrantes generalmente no experimentan ningún secado de maduración o solo uno muy limitado y, en consecuencia, tienen altos contenidos de humedad y son metabólicamente activas al desprenderse (Berjak y Pammenter, 2001). El contenido de humedad de las semillas por debajo del cual se pierde la viabilidad varía significativamente entre especies (Hong *et al*., 1998). Por lo que la clasificación con base en su tolerancia a la desecación, es de suma importancia debido a que es el inicio en el desarrollo de un protocolo de conservación de germoplasma. Las semillas de *A. galeottiana* presentan una testa fina (0.1 mm), pericarpio grueso (1.0 ± 0.3 cm), peso promedio de 85.8 g en semillas intactas y 50.2 g en escarificadas, y contenido de humedad del 49.8 %. Estos rasgos indican un comportamiento recalcitrante. El objetivo fue clasificar a la semilla como (ortodoxa, intermedia o recalcitrante) según su tolerancia a la desecación.

Materiales y métodos

Para determinar la recalcitrancia de semillas de *A. galeottiana* se aplicó el protocolo de Hong y Ellis (1996), que permite clasificarlas, según su tolerancia a la desecación, como ortodoxas, recalcitrantes o intermedias. Se recolectaron 800 frutos (drupas) individuales, cada uno con una sola semilla (Pennington & Gemeinholzer 2000), de 15 árboles en septiembre de 2024, en las localidades de Rancho Nuevo, El Palmar, Monte Alto y Almilinga, municipio de Tezonapa, Veracruz. Cada tratamiento estuvo compuesto por 400 semillas, distribuidas en ocho lotes de 50 semillas: 10 destinadas a determinar el contenido de humedad en seis semillas conforme la (ISTA, 2007) en una estufa (Precision scientific, EE. UU) y 40 para ensayos de germinación. Estas últimas se dividieron aleatoriamente en cuatro (repeticiones) de 10 semillas. Las semillas se transportaron al laboratorio de Biofísica del Programa de Botánica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Según el protocolo de Hong y Ellis (1996), se redujo el contenido de humedad de las semillas hasta alcanzar 10–12 %. A continuación, se describen los pasos específicos seguidos.

Tratamiento 1. Desecación lenta de semillas intactas (SI) a temperatura ambiente: Las semillas se colocaron sin protección alguna, sobre una mesa dentro del laboratorio, a una temperatura ambiente promedio de 25 ± 10 °C y humedad relativa de 30 ± 10 %. Se registraron las variables peso fresco y seco (g), porcentaje de germinación y humedad. Para determinar el peso se utilizó una balanza analítica marca SCIENTECHH®.

Tratamiento 2. desecación lenta en silica: Las semillas (SI) se colocaron dentro de desecadores con una proporción en gramos 1:2 semillas-silica gel. Los registros de contenido de humedad y los cambios de la silica gel se realizaron cada 15 días en ambos tratamientos.

Para el análisis de datos, se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Debido a que el porcentaje de germinación es una variable que no cumple con los supuestos de distribución normal y

homogeneidad de varianzas, los datos fueron transformados mediante la función Box Cox para el análisis de varianza. Se realizaron análisis de regresión lineal para determinar en contenido de humedad crítico, momento en que se pierde la germinación.

Resultados y discusión

El análisis de varianza ANOVA no detectó diferencias significativas entre los tratamientos de secado El análisis de regresión mostro una correlación positiva entre el contenido de humedad inicial (49.8%) y la tasa de germinación, indicó que por cada incremento del 1% en la humedad, la germinación aumenta en promedio 3.08 y 3.25 puntos porcentuales ($p < 0.001$; figura 1). Este hallazgo sugiere que la semilla de *A. galeottiana* posee características típicas de semillas recalcitrantes, las cuales son sensibles a la desecación y pierden viabilidad a contenidos de humedad inferiores al 15 ± 4%.
La sensibilidad de las semillas recalcitrantes a la desecación se debe a su incapacidad para tolerar la pérdida de agua sin sufrir daños irreversibles. Estudios en especies como *Quercus nigra*, una especie conocida por su semilla recalcitrante, mostraron que pierde la viabilidad en contenidos de humedad entre 18% y 10% (Bonner 1996). Los contenidos de humedad de semillas de *Q. nigra* son muy similares a las semillas del presente estudio (*A. galeottiana*), por lo que puede asumirse que la semilla corresponde a las de tipo “recalcitrante”.

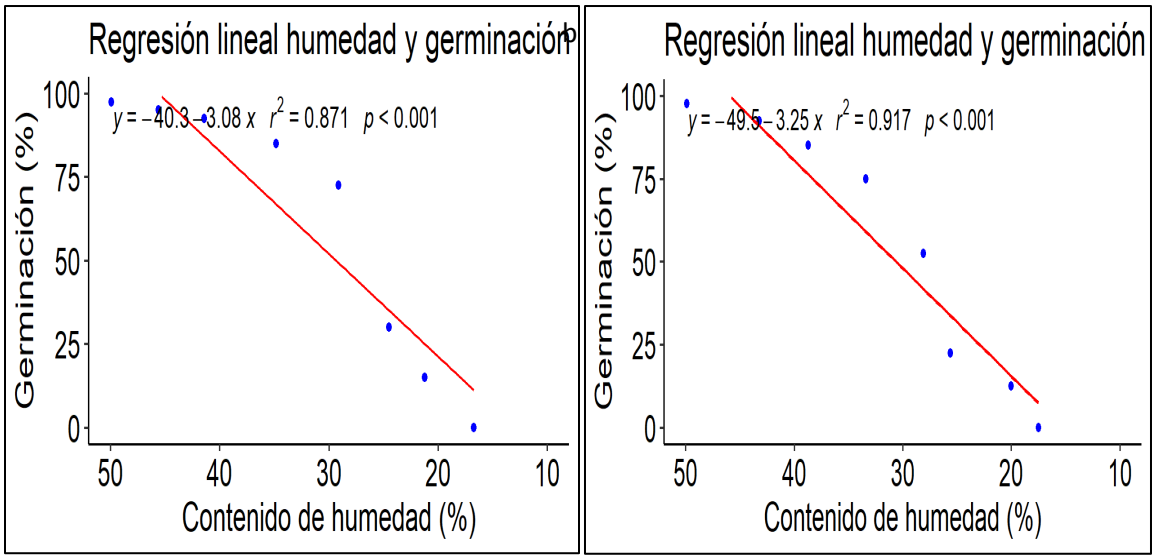


Figura 1. Relación lineal entre la humedad y la germinación de las semillas deshidratadas: a) en desecación a temperatura ambiente; b) en desecación en sílica.

En el caso de *A. galeottiana*, la alta humedad inicial de las semillas y su rápida pérdida de viabilidad a medida que disminuye el contenido de agua confirman su condición natural como especie de semilla recalcitrante. Este comportamiento plantea desafíos significativos para su conservación *ex situ*, ya que las técnicas convencionales de almacenamiento en condiciones secas no son aplicables. Por lo tanto, es esencial desarrollar estrategias de conservación que mantengan la humedad adecuada y prevengan la desecación. Además, la identificación de características morfológicas y fisiológicas que permitan predecir la sensibilidad a la desecación puede ser útil para el manejo adecuado de semillas de especies tropicales y subtropicales con comportamientos similares.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este estudio respaldan la clasificación de *A. galeottiana* como una especie con semillas recalcitrantes, lo que tiene implicaciones directas en las estrategias de conservación y manejo de esta especie.

Agradecimiento y fuente financiadora

Agradezco al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Programa en Botánica, así como a la CONAHCYT por la Beca para estudios de Posgrado.

Referencias bibliográficas

Berjak, P. y Pammenter, N.W. (2001) Recalcitrancia de las semillas: perspectivas actuales. *Revista Sudafricana de Botánica*, 67, 79-89.

Bonner, F. T. (1996). Respuestas al secado de semillas recalcitrantes de Quercus nigra L., Anales de Botánica, Volumen 78, Número 2, agosto de 1996, páginas 181–187,

Hong, T. D., Linington, S., & Ellis, R. H. (1998). Compendio. (Vols. 1 y 2). Kew, Reino Unido: Real Jardín Botánico de Kew. Pp 6-8

Hong, T. D., & Ellis, R. H. (1996). Un protocolo para determinar el comportamiento de almacenamiento de semillas [A protocol to determine seed storage behaviour] (IPGRI Boletín técnico n. 1). Roma, Italia: International Plant Genetic Resources Institute.

Pennington, B. Gemeinholzer. (2000), Cryptic clades, fruit wall morphology and biology of Andira (Leguminosae: Papilionoideae), Botanical Journal of the Linnean Society, 134 (1–2), Pp 267-286.

RESPUESTA AL ALMACENAMIENTO Y DETERIORO DE SEMILLAS DE *Andira galeottiana* STANDL. (FABACEAE).

Óscar Santos Pérez-Heredia[1*], José Rodolfo García-Nava[1], Ebandro Uscanga-Mortera[1], Cecilia Beatriz Peña-Valdivia[1], Alejandrina Robledo-Paz[2], Ma. Carmen Ybarra-Moncada[3].

[1]Posgrado en Botánica y [2]Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. 56264. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México. [3]Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, km. 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230.

*Autor para correspondencia: oscarsantos1327@gmail.com

Palabras clave. Contenido de humedad, Germinación, Recalcitrante.

Introducción

Andira galeottiana Standl., llamado Macayo, es un árbol subperennifolio endémico de México, se distribuye en la vertiente del Golfo, desde el centro de Veracruz y el norte de Oaxaca, hasta Tabasco y Chiapas (Pennington y Sarukhan, 2005). Es una especie asociada a humedales y manglares, con funciones esenciales para el hábitat de flora y fauna silvestre propia de estos ecosistemas. Contribuye como un filtro natural de agua, proporciona protección contra la erosión eólica y es usada en la reforestación y restauración de zonas con presencia de cuerpos de agua (Gutiérrez y Ricker, 2012). La especie es promisoria para la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos (Ochoa *et al.,* 2011) y muestra potencial agroforestal, debido a que la especie tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo. Las semillas de Macayo presentan latencia física impuesta por un pericarpio endurecido; por lo que, la escarificación mecánica es necesaria para la germinación de las semillas (Pérez *et al*., 2021). En campo es necesaria una degradación parcial o total del pericarpio por factores bióticos y abióticos que permitan la germinación. Las semillas presentan características recalcitrantes, por lo que la pérdida de la viabilidad ocurre en los primeros meses de dispersión. El objetivo del estudio fue evaluar la germinación y emergencia de semillas de Macayo almacenadas con temperatura y humedad relativa variables.

Materiales y métodos

Las semillas, se forman en una drupa (Pennington & Gemeinholzer 2000), y fueron recolectadas en lotes separados a partir de 15 árboles en septiembre de 2023 en las comunidades de El Palmar, Rancho Nuevo y Raya Licona, Municipio de Tezonapa, Veracruz. El tratamiento uno (T1) consistió en almacenar semillas con pericarpio en condiciones naturales (CN) en la comunidad de El Palmar a una temperatura promedio de (25±10 °C). En el tratamiento dos (T2) las semillas permanecieron en laboratorio en el programa en botánica del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, en bolsas de polietileno, negro, de 0.1 mm de espesor a una temperatura promedio de (18 ± 8 °C). En el tratamiento tres (T3) las semillas se almacenaron en cámara fría (6 °C), dentro de bolsas de polietileno, negro, de 0.1 mm de espesor. Las variables registradas fueron: contenido de humedad, porcentaje de germinación y de emergencia de plúmula. Las variables se analizaron mediante ANOVA y prueba de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey (α=0.05); las variables que no cumplieron con los supuestos de normalidad, fueron transformados mediante la función box cox. Cada tratamiento de almacenamiento estuvo compuesto por 1060 semillas intactas con un peso promedio de 85.8 gramos. Cada mes se tomó una muestra de 100 semillas, dividido en cuatro repeticiones de 25 semillas cada una para la prueba de germinación, y seis semillas para determinar contenido de humedad. La germinación se contabilizó cuando la radícula alcanzó 1 cm de largo. El contenido de humedad fue evaluado conforme el ISTA (2007), y se determinó en seis semillas en una estufa (Precision scientific, EE. UU). Las semillas se evaluaron al inicio (0), 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 meses después de establecidos los tratamientos de almacenamiento. Las semillas fueron escarificadas mecánicamente bajo la metodología propuesta por Pérez *et al*. (2021). Las semillas se

germinaron en perlita a una temperatura constante de 35 °C en condiciones de oscuridad durante 15 días en oscuridad.

Resultados y discusión

Al inicio del almacenamiento el contenido de humedad fue 49.8%, 21 meses después fue 30.5% en T1 (CN), 39.1% en T2 (Laboratorio). La humedad fue de 45.2% en T3 (6 °C) a los 12 meses respectivamente. La germinación inicial (0) fue 98%, en T1 (CN) después de 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 meses en almacenamiento disminuyó a **95**, **92**, **90**, **90, 68, 56, 48,12 y 6**%. Con el tratamiento T2 (Laboratorio) la germinación fue de **95**, **94**, **94**, **92, 78, 64, 62, 45 y 37**%, y con el tratamiento T3 (6 °C) los valores fueron **93**, **90**, **88**, **86, 30 y 5**% hasta los 12 meses respectivamente (Figura 1). El análisis de varianza mostró diferencias significativas a los **9**,12, 15, 18 y 21 meses de almacenamiento, lo cual se confirmó con la prueba de Tukey (p=0.05), destacando el tratamiento T2, respecto al T1 y T3, proporcionó las mejores condiciones de conservación de la viabilidad de las semillas durante 21 meses, mientras que T1 disminuyo su germinación casi a cero debido a la interacción de la semilla con el medio biótico y abiótico y el T3 posiblemente debido a la característica recalcitrante, se vio afectada por la baja temperatura de (6 °C).

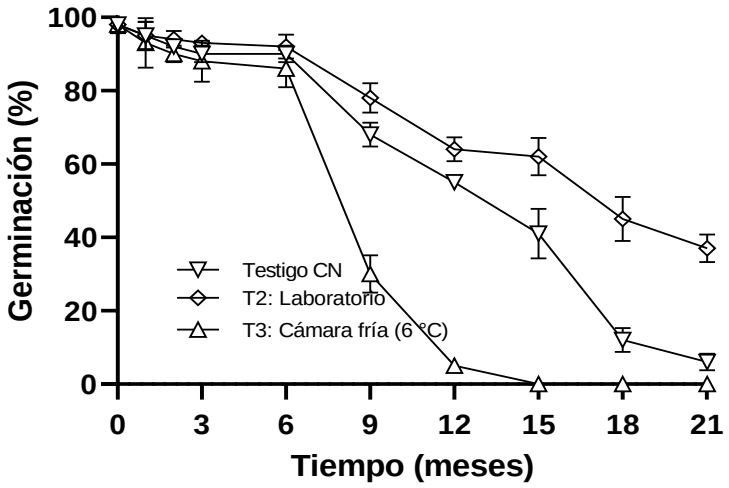


Figura 1. Germinación acumulada de semillas de *A. galeottiana* almacenadas por 21 meses en diferentes condiciones.

La emergencia de la plúmula alcanzó 98% al inicio del estudio. Después de 1, 2, 3 y 6 meses los resultados fueron **93**, **91**, **89**, **88, 66, 53, 37, 8** y 3% en T1 (CN), **94**, **94**, **93**, **91, 77, 64, 58, 41** y 33%. En T2 (Laboratorio) y **92**, **89**, 87, **84, 28 y 3**% en T3 (6 °C) hasta los 12 meses. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos T2 (bodega) y T3 (6 °C) (Figura 2). Este último tratamiento presentó el menor porcentaje de emergencia, debido posiblemente a la sensibilidad al frio que se reporta para semillas recalcitrantes.

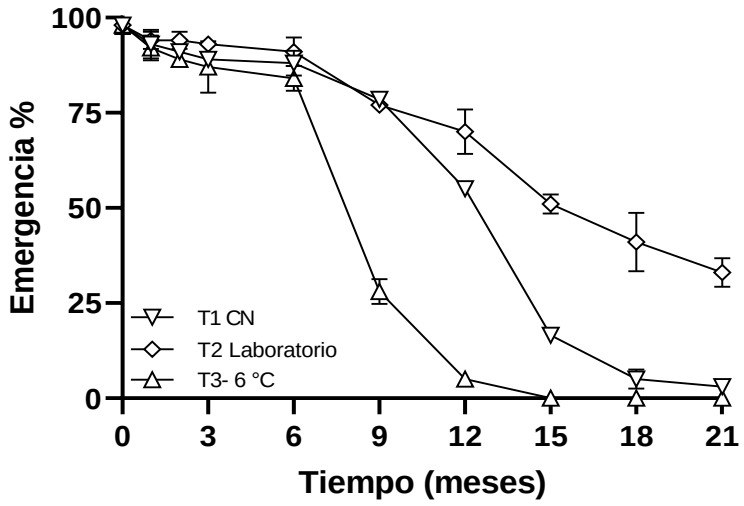


Figura 2. Emergencia de la parte aérea de semillas de *A. galeottiana*

Conclusiones.

Las semillas de *A. galeottiana* mantienen su longevidad en condiciones naturales hasta por 21 meses en el Municipio de Tezonapa, Ver, zona de distribución de la especie. De forma similar, los tratamientos de longevidad de semillas almacenadas en condiciones de laboratorio a (18 ± 8 °C) en Montecillo, Texcoco, mantuvieron la viabilidad, pero con mayores porcentajes de germinación. Almacenadas a 6 °C conservan su viabilidad hasta por 12 meses con porcentajes muy bajos de germinación.

Agradecimientos y fuente financiadora.

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y al Postgrado en Botánica y a Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca proporcionada para estudios de posgrado.

Literatura Citada

Gutiérrez, G., Ricker, M. (2012). Ecología forestal de algunas especies arbóreas de interés para la reforestación y restauración del Parque Ecológico Tuzandepetl. Convenio Específico PEP-UNAM No.420401868. pp 8-10.

Ochoa, G, S., Pérez, H, I., Frías, H, J. A., Jarquín, S, A., & Méndez, V, A. (2011). Estudio prospectivo de especies arbóreas promisorias para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Tabasco, México, Colegio de la Frontera Sur. 145 p.

Pennington, T, D., & Sarukhán, J. (2016). Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. Universidad Nacional Autónoma de México, & Fondo de Cultura Económica (México). 523 p.

Pennington, R. T., & Gemeinholzer, B. (2000). Cryptic clades, fruit wall morphology and biology of Andira (Leguminosae: Papilionoideae). Botanical Journal of the Linnean Society, 134(1–2), 267–286.

Pérez, H. O. S, García, N. J. R, Cavazos, L. M & Ma. C. Y. M. 2021. Germinación, emergencia y el desarrollo inicial del árbol *Andira galeottiana* Standl. p. 1026-1035. *In*: memoria de la XXXIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz 2021, México. ISBN: 978-607-37-1396-2.

CRECIMIENTO DE INJERTOS DE *Pinus greggii* var. *australis* EN CONDICIONES DE CAMPO Y SU RELACIÓN CON SUS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS

Javier López-Upton[1*], Sandra L. Castro Garibay[1], Rodrigo Rodríguez-Laguna[2]

[1]Colegio de Postgraduados, Postgrado en Ciencias Forestales; [2]Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ingeniería en Manejo de Recursos Forestales

*Autor para correspondencia: jlopezupton@gmail.com

Palabras clave: Altura total, diámetro normal, supervivencia

Introducción

El primer reporte del uso de la técnica de injertos en México fue en 1980 utilizando *Pinus patula* (Villaseñor y Carrera, 1980). Actualmente el injerto en especies de pinos es cada vez más frecuente, focalizando el uso para establecimiento de huertos semilleros asexuales.

Es común el uso de injertos de la misma especie, porque se tiene el supuesto que el prendimiento de estos debe ser mejor por la cercanía genética. En México la mayoría de las investigaciones realizadas respecto a injertos se ha utilizado la misma especie como púa y portainjerto, obteniendo porcentajes de prendimiento de 75 – 85 % (González-Jiménez *et al*., 2023). Pero, Solorio-Barragán *et al.* (2021) realizaron injertos de *P. rzedowskii* Madrigal & M.Caball. sobre cinco especie como portainjertos. Al utilizar especies diferentes como portainjertos se puede evaluar el desempeño del injerto o aspectos como: aumento en la producción de estróbilos masculinos, femeninos o resina, o aumentar la tolerancia a condiciones bióticas como el déficit hídrico y a plagas o enfermedades.

Un aspecto importante y poco analizado para la elaboración de injertos es analizar la anatomía interna de los tallos de púas y portainjerto, y de esta manera determinar si al tener dimensiones similares, el crecimiento de los injertos en campo puede verse afectado cualitativa o cuantitativamente. En especies frutales se menciona que portainjertos con elementos de vaso angostos pueden servir como portainjertos enanizantes (Zorić *et al*., 2012). La información sobre traqueidas en pinos es escasa. El objetivo del trabajo fue demostrar cómo las características anatómicas de portainjertos de diferentes especies afectan el crecimiento de injertos de *P. greggii* var. *australis* Donahue & López en condiciones de campo.

Materiales y métodos

En 2019 fueron utilizadas púas de *P. greggii* var. *australis* procedentes de plantas donadoras producidas en vivero y portainjertos de 15 meses de edad de *P. greggii* var. *australis*, *P. teocote* Schiede ex Schltdl. *et* Cham., *P. patula* Schiede ex Schltdl. *et* Cham y *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. *et* Cham. Se recolectaron muestras del tallo de 2 cm longitud de cada especie y fueron colocadas en FAA (formaldehido ≥ 37.2 %, ácido acético − 99.7 %, etanol 96 % y agua desionizada; 10:5:50:35; v:v:v:v) para mantener la integridad de los tejidos; posteriormente se realizaron cortes histológicos transversales de 12 µm de grosor, con micrótomo rotatorio, teñidos con safranina y verde fijo. Las características anatómicas (Médula, Xilema, Cambium vascular-Floema y Traqueidas) evaluadas fueron reportadas por Castro-Garibay *et al.* (2022).

En el mismo año (2019) se realizaron injertos obteniendo cuatro combinaciones en total, los porcentajes de prendimiento fueron de 98 % para las combinaciones *P. greggii* / *P. greggii* (G/G) y *P. greggii* / *P. leiophylla* (G/L), y de 100 % para *P. greggii* / *P. teocote* (G/T) y *P. greggii* / *P. patula* (G/P). En 2021 fueron establecidos 30 injertos por combinación en un predio localizado en el ejido Viborillas, Huayacocotla, Veracruz, con un diseño completamente al azar. Para el arreglo de la plantación se colocaron cinco plantas por hilera (portainjerto), el orden de las primeras cuatro hileras fue: *P. greggii, P. teocote, P. patula* y *P. leiophylla*, para las siguientes se inició con *P. teocote,* después con *P. patula* y al final con *P. leiophylla.* Dicho orden se repitió hasta colocar todas las plantas (120 en total, 30 por portainjerto). En mayo de 2025 se evaluó: supervivencia (%), altura total (m), diámetro normal (cm) y cantidad de estróbilos femeninos. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$) solamente para altura total y diámetro normal, para el resto de las variables se reportó el valor directo obtenido en campo.

Resultados y discusión

Características anatómicas

Al realizar injertos se menciona que uno de los tejidos con mayor relevancia es el cambium vascular, por ser este el tejido generatriz de xilema y floema. Y que es importante que entre púa y portainjerto coincida el cambium vascular para aumentar la probabilidad de prendimiento.

P. teocote es el portainjerto que presenta las dimensiones menores en las características evaluadas, respecto al resto de las especies (Cuadro 1). Este aspecto es posiblemente un indicio de que esta especie puede fungir como portainjerto enanizante, como ocurre en frutales (Zorić *et al*., 2012).

Al comparar el cambium vascular-floema (CV-F) de portainjertos y púa, considerando que las dimensiones deben ser similares para aumentar la probabilidad de prendimiento, *P. greggii, P. patula* y *P. leiophylla* resultaron ser los de mayor área de contacto con la púa, ya que presentó 47.1 µm de ancho (Cuadro 2).

Cuadro 1. Características anatómicas internas de tallos de cuatro especies de pino utilizadas como portainjertos.

Portainjerto	Ancho (µm)						Área (µm²)	
	Médula		Xilema		CV-F		Traqueidas	
**P. greggii*	708.7 ± 128.7	a	685.7 ± 80.8	b	45.6 ± 13.9	b	302.8 ± 57.5	a
P. teocote	504.2 ± 101.3	b	521.7 ± 31.8	c	42.0 ± 13.3	c	199.1 ± 52.6	b
P. patula	685.8 ± 185.7	a	686.5 ± 71.1	b	49.4 ± 13.3	a	312.3 ± 106.4	a
P. leiophylla	520.8 ± 98.9	b	754.4 ± 46.6	a	51.9 ± 20.9	a	309.1 ± 86.2	a

CV-F: Cambium vascular-Floema; letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticas. **P. greggii* var. *australis*

Cuadro 2. Característica interna de tallo de *Pinus greggii* var. *australis* utilizado como púa.

Púa	Ancho (µm)			Área (µm²)
	Médula	Xilema	CV-F	Traqueidas
**P. greggii*	418.4 ± 107.7	664.4 ± 133.9	47.1 ± 8.9	298.7 ± 94.7

CV-F: Cambium vascular-Floema; **P. greggii* var. *australis*

Otro aspecto relevante que respaldó a *P. teocote* como portainjerto enanizante, es que obtuvo menor área de traqueida, por lo que la cantidad de agua y nutrimentos suministrada al árbol fue menor, mientras que *P. patula* puede ser considerado como potencial portainjerto vigoroso.

Supervivencia y producción de estróbilos femeninos

Cuatro años después del establecimiento en campo de los injertos, el porcentaje de supervivencia es de 86.7 – 100 % (Cuadro 3). Respecto a la cantidad de estróbilos femeninos es evidente que el portainjerto afecta en la producción de estos, donde con la combinación *P. greggii*/*P. teocote* existen 53 estróbilos del año 2025, 2 estróbilos en promedio por planta. Hay individuos hasta con 58, 31 y 53 estróbilos femeninos en las combinaciones *P. greggii*/*P. greggii* (G/G), *P. greggii*/*P. patula* (G/P) y *P. greggii*/*P. leiophylla* (G/L), respectivamente. La producción de conos puede estar ligado a aspectos anatómicos como el área de traqueidas (Cuadro 1 y 2). Sin embargo, puede existir un desbalance en la producción de reguladores de crecimiento lo que propicia el aumento o disminución de estróbilos producidos.

Cuadro 3. Supervivencia y cantidad de estróbilos femeninos totales en injertos de *P. greggii* var. *australis* establecidos en campo.

Combinación		Supervivencia (%)	*Estróbilos femeninos	
			Totales	Por individuo
P. greggii / *P. greggii*	(G/G)	90.0	186	7
P. greggii / *P. teocote*	(G/T)	86.7	53	2
P. greggii / *P. patula*	(G/P)	93.3	187	7
P. greggii / *P. leiophylla*	(G/L)	100.0	174	6

n= 27 (G/G), 26 (G/T), 28 (G/P), 30 (G/L). *Estróbilos femeninos producidos en cada combinación en 2025.

Tanto la altura y el diámetro fueron afectadas por el portainjerto utilizado (Cuadro 4). La combinación G/T tuvo la menor altura (3.3 m), y la del injerto G/G presentó 4.1 m, la mayor de los injertos, lo que puede

deberse a que ambos tejidos injertados son de la misma especie. El diámetro presenta un comportamiento similar al de la altura, los injertos G/G tuvieron el diámetro mayor 4.2 cm), G/T y G/L con los menores, 3.2 cm (Cuadro 4).

Como se mencionó en párrafos anteriores, puede ser que las características anatómicas iniciales estén jugando un papel importante en el crecimiento de los injertos. Sin embargo, es necesario seguir realizando evaluaciones en campo, al igual que determinaciones anatómicas de la unión del injerto o cercanas a ella para evaluar los posibles cambios que estén afectando el crecimiento de las plantas.

Cuadro 4. Crecimiento de altura y diámetro normal en cuatro combinaciones de injertos de pinos, cuatro años después de establecerse en campo

Combinación		Altura (m)		Diámetro (cm)	
P. greggii / *P. greggii*	(G/G)	4.1 ± 0.12	a	4.2 ± 0.18	a
P. greggii / *P. teocote*	(G/T)	3.3 ± 0.12	d	3.2 ± 0.20	c
P. greggii / *P. patula*	(G/P)	3.9 ± 0.11	b	3.9 ± 0.18	b
P. greggii / *P. leiophylla*	(G/L)	3.6 ± 0.11	c	3.2 ± 0.17	c

Letras diferentes en columnas indican diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$). n= 27 (G/G), 26(G/T), 28 (G/P), 30 (G/L).

Conclusiones

Existen diferencias en la producción de estróbilos y en el crecimiento entre las combinaciones de portainjerto. Hay mayor crecimiento utilizando la misma especie, pero una producción similar de estróbilos entre las combinaciones sobre *P. greggii, P. patula* y *P. leiophylla*. Es probable que *P. teocote* se esté comportando como posible portainjerto enanizante o causante de algún tipo de restricción para la copa de los injertos. Es necesario realizar evaluaciones anuales tanto en campo, como de características anatómicas para comprender el comportamiento de las combinaciones utilizadas.

Agradecimientos

Al Ejido Viborillas por proporcionar el predio para establecer el ensayo, además de los cuidados que proporcionan a los árboles.

Fuente financiadora

Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo

Referencias bibliográficas

Castro-Garibay, S. L., Terrazas, T., López-Upton, J., Arévalo-Galarza, L., Sandoval-Villa, M., & Villegas-Monter, Á. (2023). Anatomical traits in pine stems, the first step to define grafting combinations?. *Brazilian Journal of Botany*, *46*(1), 153-161.

González-Jiménez, B., Jiménez-Casas, M., López-Upton, J., López-López, M.A., & Rodríguez-Laguna, R. (2023). Scion and rootstock compatibility in *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. in response to genotypic variation. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 29(1): 147–161.

Solorio-Barragán, E.R., Delgado-Valerio, P., Molina-Sánchez, A., Rebolledo-Camacho V., & Tafolla-Martínez, M.A. (2021). Interspecific grafting as an alternative for asexual propagation of *Pinus rzedowskii* Madrigal & Caball. Del. in danger extinction. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 27(2): 277 – 288.

Villaseñor R., R. & Carrera G., S. (1980). Tres ensayos de injerto en *Pinus patula* Schl. *et* Cham. *Revista Ciencia Forestal* 23(5): 21-36.

Zorić, L., Ljubojević, M., Merkulov, L., Luković, J., &Ognjanov, V. (2012). Anatomical characteristics of cherry rootstocks as possible preselecting tools for prediction of Tree Vigor. *Journal Plant Growth Regulation* 31: 320–331.

DINÁMICA DEL CAMBIO DE USOS DEL SUELO Y CUBIERTA VEGETAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO NAZAS, DURANGO

Gabriel Graciano-Ávila[1*], Benedicto Vargas-Larreta[1], Prudencia Caballero-Cruz[2]

[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de El Salto; [2]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de San Miguel el Grande.

*Autor para correspondencia: gabri.e.l@hotmail.com

Palabras clave. Análisis multitemporal, bosques templados, restauración.

Introducción

Los ecosistemas terrestres son sistemas dinámicos; están en constante cambio y evolución. Los cambios son resultado de diversos factores naturales y antropogénicos. Dichos factores han generado cambios significativos en el uso del suelo y la cobertura vegetal. Durante los últimos años los bosques templados de México han presentado una tasa de deforestación promedio anual mayor a 0.5 %. En específico, la cobertura vegetal de la parte alta de la cuenca del río Nazas, región hidrológica de gran importancia económica, ecológica y social en el estado de Durango, ha tenido una intensa actividad productiva, especialmente forestal, minera y agrícola, ocasionando severos impactos ambientales resultando en pérdida de vegetación y erosión del suelo (Torres-Aguayo, 2012). En respuesta a estos impactos, se han emprendido proyectos que tienen como objetivo revertir o mitigar la degradación ambiental, entre los cuales destacan las acciones por parte de los ejidos y comunidades forestales, el Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) y el Fondo Metropolitano de la Laguna, los dos primeros promovidos por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y con mayor presencia desde el año 2011. Las acciones implementadas incluyen reforestaciones, obras y prácticas para el control de erosión del suelo (Aguirre-Calderón *et al*., 2015). El objetivo del trabajo fue analizar los cambios de usos del suelo y vegetación en áreas con antecedentes de obras de conservación y restauración dentro de la Cuenca Alta del Río Nazas, Durango.

Materiales y métodos

Área de estudio.
La investigación se realizó en la subcuenca del río de Santiago, ubicada en la parte alta de la Cuenca del Río Nazas, Durango, México. La superficie es de 352 788 hectáreas (ha). La región está enmarcada geográficamente entre los paralelos 24° 01' 02" y 25° 09' 79" de latitud Norte y los meridianos 104° 57' 20" y 105° 39' 16" de longitud Oeste. En el área de estudio, se han implementado acciones de conservación, restauración y reforestación, pero a partir del año 2011 aumentó la frecuencia, principalmente en 11 predios forestales. No obstante, no se cuenta con datos exactos de superficies y cantidad de obras, se tiene evidencia documental de que se han realizado presas filtrantes, barreras de piedra en curvas de nivel, acordonamientos de material vegetal muerto, reforestaciones y acciones de prevención de incendios forestales (Torres-Aguayo, 2012).

Procesamiento de imágenes satelitales.
Se utilizó Google Earth Engine, un servicio de computación en la nube que da acceso a un catálogo de datos con diversos productos globales, así como a las observaciones satelitales más recientes de diferentes misiones satelitales. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat de la zona (época de secas con nubosidad < 5 %), de los años 1999, 2011 y 2023. Fueron obtenidas del Servicio Geológico de Estados Unidos. Las imágenes contenían las correcciones geométricas, radiométricas y atmosféricas. Cada imagen se cortó tomando como referencia el límite del área de estudio. En cada imagen se realizó una clasificación mediante el método Random Forest utilizando 10 clases de usos del suelo y vegetación: 1) agricultura, 2) asentamientos humanos, 3) bosque de encino, 4) bosque de encino-pino, 5) bosque de pino, 6) bosque de pino-encino, 7) cuerpos de agua, 8) matorral, 9) pastizal y 10) suelo desnudo. La precisión de la clasificación se determinó con base a los índices Kappa y de exactitud general.

Análisis de la información.
Para conocer la recuperación y degradación de la vegetación, se determinó la tasa de cambio para los periodos 1999-2011 y 2011-2023. Para determinar la permanencia y el intercambio entre clases, se desarrollaron matrices de cambio para los períodos 1999-2011 y 2011-2023. Para los 11 predios, se

calcularon anualmente índices espectrales que contribuyen a obtener información sobre las características de la vegetación y a comprender el funcionamiento del ecosistema: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (*NDVI*) e Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (*NDMI*).

Resultados y discusión

En cada año, la precisión de clasificación supervisada fue superior a 0.8084, con un índice Kappa mayor a 0.7629. Los valores cercanos a 1 indican mayor precisión y correspondencia con el terreno (Sandoval-García *et al.*, 2021). En conjunto, los bosques (encino, encino-pino, pino y pino-encino) registraron una cobertura mayor a 68% en todos los años; los bosques de pino presentaron la mayor superficie en los tres años estudiados, mientras que los bosques de pino-encino y bosques de encino registraron disminución a lo largo del tiempo (Figura 1).

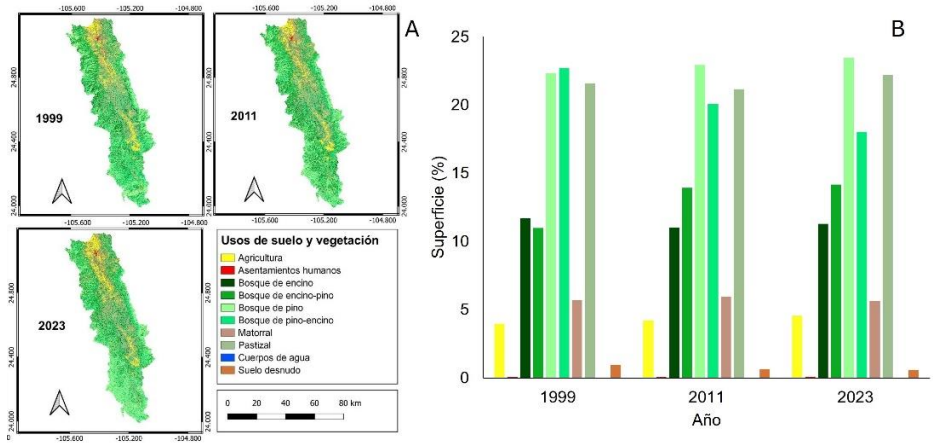


Figura 1. Usos del suelo y vegetación por año. Clasificación del uso de suelo y vegetación (A). Superficie (%) en los años 1999, 2011 y 2023 (B).

De 2011 a 2023, la superficie de pino se mantuvo estable, incluso recuperó 1 898 ha, a una tasa de cambio de 0.19 % anual, lo que evidencia la capacidad de regeneración de estos bosques y la contribución de las acciones implementadas, pues algunas obras se combinan con reforestaciones, preferentemente de especies de pino. La mayor degradación se presentó en bosques de pino-encino y bosques de encino, con una pérdida en conjunto de 11 690 ha y una tasa de cambio anual de -1.03 y -0.49 %, respectivamente (1999-2011); después de 2011 la tasa de cambio en bosques de pino-encino continuó negativa, aunque en menor medida (-0.89 %), por su parte la de bosque de encino se recuperó, es decir, la degradación de estos bosques se redujo. Cabe destacar que los encinos son de gran importancia económica y ecológica; por ejemplo, su madera ocupa el segundo lugar de aprovechamiento (Cuevas-Reyes *et al*., 2024), aunque generalmente las especies de pino son las favorecidos en el manejo forestal y son preferidas en las campañas de reforestación, en las cuales generalmente se utilizan especies de alto valor económico.
La proporción de las clases de uso de suelo y vegetación en cada predio fue diferente y, al igual que en toda la subcuenca, presentó variación de superficie en cada año. La variación de superficies por clase de un predio a otro se debió, principalmente, a la ubicación del predio. Por ejemplo, los predios C, D, E, F, G y J (Figura 2) se localizan mayormente en áreas boscosas; por lo tanto, presentaron mayor superficie de bosques en comparación con los predios con alta presencia de otros tipos de usos del suelo y vegetación. Por otro lado, el aumento de superficie de bosque de pino en algunos predios durante 2023, puede deberse a las campañas de reforestación que se han realizado en la región (Aguirre-Calderón *et al*., 2015).

La mayor permanecía de usos del suelo y vegetación se registró en la superficie de asentamientos humanos, pastizal y bosques de pino; por el contrario, los bosques de encino y pino-encino fueron los que presentaron menor permanencia; incluso en el periodo 2011-2023 la permanecía de bosques de pino fue de 66 % y para bosques de encino fue de 38 %. Por otro lado, la superficie de tierras de agricultura también presentó alta permanencia, siendo mayor en el periodo 2011-2023. De acuerdo con la CEPAL (2021), en América Latina la transformación de la vegetación arbórea a agricultura y pastizal es la principal causa de la pérdida de los bosques.

Los valores del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (*NDVI*) e Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (*NDMI*) fueron bajos e indican estrés hídrico, pero mostraron una tendencia al alza, siendo más altos de 2011 a 2023, lo que significa que la actividad fotosintética aumentó, y sugiere una recuperación de la vegetación (Ruan *et al*., 2022) (Figura 2). Sin embargo, es importante destacar que las acciones de conservación y restauración aumentaron en todos los predios a partir de 2011, lo que podría haber contribuido al aumento.

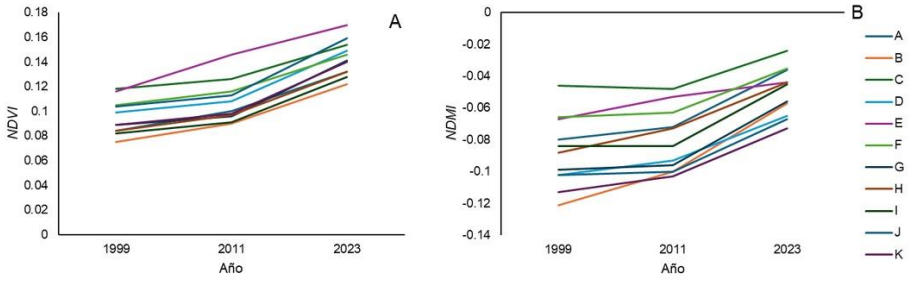


Figura 2. Valores promedio de los índices de vegetación por predio. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (*NDVI*) (A). Índice de Diferencia Normalizada de Humedad (*NDMI*) (B).

Conclusiones

El análisis de cambios de usos del suelo y vegetación realizado en la subcuenca del río de Santiago, proporcionó una comprensión detallada de los cambios en la cobertura del suelo y la vegetación en el periodo 1999-2023. Los bosques de pino dominan la superficie de la subcuenca; esta mayor permanencia de los bosques de pino sugiere que las reforestaciones han contribuido a su estabilidad. En contraste, los bosques de encino y pino-encino muestran una tendencia a la degradación. Los índices espectrales indican una recuperación de la cubierta vegetal, aunque persiste la presencia de estrés hídrico en los 11 predios analizados. Estos hallazgos subrayan la importancia de continuar monitoreando y gestionando activamente estos ecosistemas para garantizar su salud y funcionalidad.

Agradecimientos y fuente financiadora

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada al autor principal derivada de la convocatoria “Estancias Posdoctorales por México 2022 (2)”.

Referencias bibliográficas.

Aguirre-Calderón, C. E., Vargas-Larreta, B., Aguirre-Calderón, C. G., Álvarez-Gallegos, M., & Cruz-Cobos, F. (2015). *Informe final. Capacitación, monitoreo y supervisión en apoyo a los trabajos de recuperación de la cuenca alta del río Nazas*. Comisión Nacional Forestal. Mayo de 2015.

CEPAL. (2021). *La pérdida de los bosques de América Latina y el Caribe 1990-2020: evidencia estadística.* [Temas estadísticos de la CEPAL]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 9 p. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47151/1/S2100266_es.pdf

Cuevas-Reyes, P., Vaca-Sánchez, M. S., Oyama, K., Fernandes, G. W., Loera-Padilla, F. J., López-Maldonado, M. C., Fagundes, M., de Faria, M. L., Borges, M. A. Z., & Maldonado-López, Y. (2024). Importance of abiotic factors in shaping canopy arthropod assemblages: the case of Quercus castanea Née (Fagales:Fagaceae) a Mexican endemic oak. *European Journal of Forest Research*, *143*(2), 349–362.

Ruan, L., Yan, M., Zhang, L., Fan, X., & Yang, H. (2022). Spatial-temporal NDVI pattern of global mangroves: A growing trend during 2000–2018. Science of The Total Environment, 844, 157075.

Sandoval-García, R., Jiménez-Pérez, J., Yerena-Yamallel, J. I., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Gómez-Meza, M. V. (2021). Multitemporal analysis of land use and vegetation in the Cumbres de Monterrey National Park. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *12*(66), 70–95.

Torres-Aguayo, R. M. (2012). *Uso y apropiación de los recursos forestales en el Alto Nazas, Durango. MSc Thesis.* [Universidad Nacional Autónoma de México]. https://web.siia.unam.mx/siia-publico/v/include/modulo_productos/tesis.php?id=858280

USO DE LA RELACIÓN-DIÁMETRO ALTURA PARA REDUCIR COSTOS AL EVALUAR REFORESTACIONES EN LA MIXTECA ALTA OAXAQUEÑA.

Juan Carlos Guzmán-Santiago[1], Benedicto Vargas-Larreta[2], Martín Gómez-Cárdenas[3]*, Juan Abel Nájera-Luna[2], Francisco Cruz-Cobos[2], Rigoberto González-Cubas[1], y José Antonio Hernández-Aguilar[4].

[1] Centro de Investigación, Divulgación y Asesoría Técnica Forestal y Agropecuaria (SC). [2] Tecnológico Nacional de México. Campus El Salto. [3] CE Uruapan, INIFAP. [4] Tecnológico Nacional de México. Campus San Miguel El Grande.

*Autor para correspondencia: gomez.martin@inifap.gob.mx

Palabras clave: ecuaciones generalizadas, relación diámetro-altura, costo de reforestación.

Introducción

La altura total de los árboles es una variable importante en la silvicultura y manejo forestal, pero la medición en campo es difícil y costosa, incluso se cometen errores que alteran su dimensión y registro.Al igual que en bosques naturales , la información de la altura (At) en los árboles es relevante para cuantificar el volumen acumulado por las reforestaciones. Su medición en campo es difícil de realizar y está propensa a errores cuando la densidad del dosel es alta (Guzmán-Santiago et al., 2019), a diferencia de la medición del diámetro normal (dn) que se realiza de manera directa, fácil y rápida (Guzmán-Santiago et al., 2023). El objetivo de este estudio fue encontrar la mejor ecuación generalizada no lineal para describir la relación altura-diámetro normal para las plantaciones de *Pinus greggii* y *P. pseudostrobus*, establecidas para recuperar la cubierta vegetal en la Mixteca Alta Oaxaqueña.

Materiales y métodos

El diámetro normal (dn) y la altura (At) de 1180 árboles de plantaciones de *P. greggii* y *P. pseudostrobus* de 16 años de edad fueron medidos en los municipios de Tlacotepec Plumas (450 y 150 individuos respectivamente por especie) y Magdalena Zahuatlán (432 y 148 individuos respectivamente por especie) de la Mixteca Alta de Oaxaca: Los individuos medidos fueron los árboles supervivientes centrales de 13 (*P. greggii*) y 8 (P. pseudostrobus) unidades experimentales (u.e.) establecidas en cada una de 12 líneas (bloque) de dos ensayos de procedencias para rehabilitación ecológica con ambas especies, separados, pero cercanos en cada localidad. En el caso de *P. greggii* las u.e. estuvieron conformadas por nueve árboles, mientras que en *P. pseudostrobus* estuvieron conformadas por cuatro árboles. Los datos se evaluaron con seis ecuaciones ajustadas sin el intercepto de 1.3 m que corresponde al dn (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ecuaciones generalizadas de altura-diámetro para *P. greggii* y *P. pseudostrobus* en Oaxaca.

Referencia	*Forma original*	*Forma modificada*	*E*
Omule and MacDonald (1991)	$At=1.3+\left[b_0\cdot\left(\frac{1}{dn}-\frac{1}{D_d}\right)+\left(\frac{1}{(A_d-1.3)}\right)^{1/3}\right]^{-3}$	$At=\left[b_0\cdot\left(\frac{1}{dn}-\frac{1}{D_d}\right)+\left(\frac{1}{(A_d)}\right)^{1/3}\right]^{-3}$	1
Cañadas et al. (1999) I	$At=1.3+(A_d-1.3)\cdot\left(\frac{A_d-1.3}{\frac{dn}{D_d^{b_0}}}\right)$	$At=(A_d)\cdot\left(\frac{A_d}{\frac{dn}{D_d^{b_0}}}\right)$	2
Cañadas et al. (1999) II	$At=1.3+\frac{dn}{\frac{D_d}{A_d-1.3}+b_0\cdot(D_d-dn)}$	$At=\frac{dn}{\frac{D_d}{A_d}+b_0\cdot(D_d-dn)}$	3
Cañadas et al. (1999) III	$At=1.3+(A_d-1.3)\cdot\frac{1-\exp^{b_0\cdot dn}}{1-\exp^{b_0\cdot D_d}}$	$At=(A_d)\cdot\frac{1-\exp^{b_0\cdot dn}}{1-\exp^{b_0\cdot D_d}}$	4
Mirkovich (1958)	$At=1.3+(b_0+b_1\cdot A_d-b_2\cdot DCM)\cdot\exp^{-b_3/dn}$	$At=(b_0+b_1\cdot A_d-b_2\cdot DCM)\cdot\exp^{-b_3/dn}$	5
Gaffrey (1988)	$At=1.3+(A_d-1.3)\cdot\exp^{b_0\cdot\left(\frac{1-D_d}{dn}\right)+b_1\cdot\left(\frac{1}{D_d}-\frac{1}{dn}\right)}$	$At=(A_d)\cdot\exp^{b_0\cdot\left(\frac{1-D_d}{dn}\right)+b_1\cdot\left(\frac{1}{D_d}-\frac{1}{dn}\right)}$	6

At: Altura total (m); dn: Diámetro normal (cm); Dd: Diámetro dominante (cm); Ad: Altura dominante (m); DCM: Diámetro cuadrático medio (cm); b_0, b_1, b_2, b_3: parámetros a ser estimados.

Las estadísticas descriptivas de las variables dasométricas utilizadas en el ajuste de las ecuaciones se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de las variables dasométricas utilizadas en el ajuste de las ecuaciones.

	P. greggii						*P. pseudostrobus*					
Variable	Med	Mín	Máx	DE	Asimetría	Curtosis	Med	Mín	Máx	DE	Asimetría	Curtosis
Tlacotepec Plumas												
dn	13.1	2.8	24.5	4.17	0.35	-0.35	14.7	2.0	26.4	5.12	-0.48	-0.15
At	9.6	2.6	15.6	2.22	-0.01	-0.74	9.1	1.7	13.7	2.30	-1.26	1.15
DCM	13.2	10.1	16.3	2.17	-0.14	-1.47	14.7	12.1	16.0	1.26	-0.70	-0.60
Dd	17.9	13.5	22.7	3.15	0.77	-0.59	21.1	19.1	23.0	1.47	-0.10	-1.54
Ad	11.5	8.6	13.6	1.84	0.48	-0.67	11.4	11.1	12.0	0.28	-0.15	-1.67
Magdalena Zahuatlán												
dn	9.9	1.0	29.0	5.08	0.56	0.23	14.1	2.2	27.4	4.71	-0.26	-0.02
At	6.3	0.5	15.5	2.92	0.06	-0.57	8.9	2.4	12.5	1.92	-1.29	1.67
DCM	10.0	7.9	12.2	1.47	0.36	-1.40	14.1	12.6	16.4	1.29	0.46	-0.98
Dd	16.8	13.4	22.7	2.91	0.76	-0.86	20.3	18.6	22.2	1.34	0.23	-1.60
Ad	10.1	8.0	13.6	1.42	1.29	1.54	10.9	10.6	11.7	0.36	-0.33	-1.35

Med = media, Mín = mínimo, Máx = máximo, DE = desviación estándar, dn = diámetro normal (cm), At = altura total (m), DCM = diámetro cuadrático medio (cm), Dd = diámetro dominante (cm), Ad = altura dominante (m).

Resultados y discusión. La ecuación de Omule y MacDonald fue ligeramente mejor que el resto en las estimaciones y en los análisis gráficos para describir el comportamiento de la relación altura-diámtero de los árboles, cumpliendo con los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia de residuos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticos de bondad de ajuste, parámetro b_0 y error estándar (entre paréntesis) de la ecuación de Omule y MacDonald ajustada para las especies y localidades en estudio.

	Tlacotepec				Zahuatlán			
Especie	R^2 aj	REMC	$\bar{e}$ m	b_0	R2 aj	RMEC	$\bar{e}$ m	b_0
P. greggii	0.957	0.470	0.006	1.1009 (0.0141)	0.910	0.600	0.022	1.6039 (0.0299)
P. pseudostrobus	0.922	0.581	-0.051	1.2758 (0.0343)	0.902	0.594	-0.039	1.0941 (0.0282)

R^2 aj: Coeficiente de determinación ajustado; REMC: raíz del error medio cuadrático; $\bar{e}$ m: sesgo.

Los valores de estadísticos para las ecuaciones 2 y 4 fueron muy cercanos a los de esta ecuación, mientras que los de las ecuaciones restantes mostraron estadísticos menos favorables (información más detallada se encuentra en Guzmán-Santiago *et al*. 2024).

La ecuación seleccionada explicó más de 90% de la variabilidad total de las alturas, con una raíz del error medio cuadrático que osciló entre 0.470 m y 0.600 m y sesgos de -0.051 m a 0.022 m para ambas especies. En la figura 1 se muestran las curvas altura-diámetro generadas con la ecuación de Omule y MacDonald (1991) para *P. greggii* y *P. pseudostrobus* en Tlacotepec y Zahuatlán

Conclusiones

La ecuación generalizada de Omule y MacDonald sin el intecepto 1.3, fue la mejor para estimar la altura total de árboles de *P. pseudostrobus* y *P. greggii* en reforestaciones de la Mixteca Oaxaqueña. Esta ecuación es la primera de este tipo que se reporta para plantaciones jóvenes, por lo que puede utilizarse

en inventarios forestales para estimar volúmenes individuales o a nivel rodal, o para evaluar la calidad de estación de las áreas ecológicas similares donde se establecen estas especies.

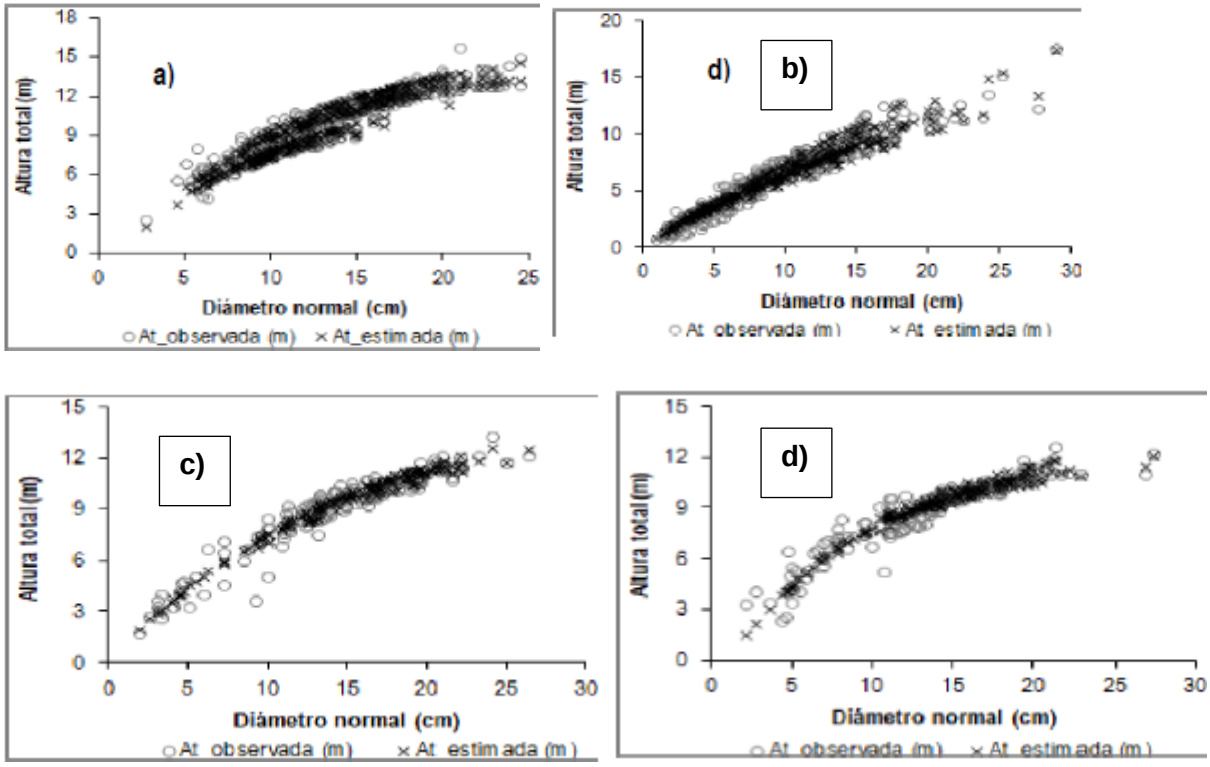


Figura 1. Curvas altura-diámetro generadas con la ecuación de Omule y MacDonald (1991) para *P. greggii* en Tlacotepec (a) y Zahuatlán (b) y para *P. pseudostrobus* también en Tlacotepec (c) y Zahuatlán (d).

Agradecimientos

Se agradece a las comunidades de Tlacotepec Plumas y Magdalena Zahuatlán por las facilidades brindadas al INIFAP y a los autores para realizar las mediciones.

Fuente financiadora

El establecimiento de la plantación estuvo a cargo del INIFAP. Las mediciones fueron financiadas por el Centro de Investigación, Divulgación y Asesoría Técnica Forestal y Agropecuaria SC.

Referencias bibliográficas

Guzmán-Santiago, J. C., De los Santos-Posadas, H. M., Vargas-Larreta, B., Gómez-Cárdenas, M., González-Cubas, R., Hernández-Aguilar, J. A., & Bautista-Cruz, A. (2023). Diámetro, altura y volumen en función del tocón para Abies religiosa en diferentes regiones de México. *Bosque*, *44*(2), 387-399.

Guzmán-Santiago, J. C., Aguirre-Calderón, O. A., González- Tagle, M. A., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Vargas-Larreta, B., & De los Santos-Posada, H. M. (2019). Relación altura-diámetro para *Abies religiosa* Kunth Schltdl. & Cham. en el centro y sur de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *10*(52), 99-120.

Guzmán-Santiago, J. C., Vargas-Larreta, B., Nájera-Luna, J. A., Cruz-Cobos, F., Gómez-Cárdenas, M., González-Cubas, R., & Hernández-Aguilar, J. A. (2024). Relación no lineal generalizada de altura total-diámetro normal para *Pinus greggii* y *P. pseudostrobus* en Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, *30*(1), e3012552.

SECCIÓN 5

Protección, manejo del fuego y salud forestal



"Dendroctonus" */ Elizabeth González Corona*

PROPORCIÓN CONDICIONAL DE CARGAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MODELOS DE COMBUSTIBLES FORESTALES

José Germán Flores-Garnica [1*]

[1] C.E. Centro Altos, CIRPAC, INIFAP

*Autor para correspondencia: flores.german@inifap.gob.mx

Palabras clave: Mapeo de combustibles, kriging ordinario, análisis de variogramas.

Introducción

El conocimiento previo del comportamiento potencial del fuego, en un bosque determinado, es esencial en la gestión del manejo del fuego, por lo que se han desarrollado varios sistemas de simulación. Siendo el factor común entre estos sistemas el conocer la distribución espacial de los combustibles forestales, que en la mayoría de los casos se representa a través del concepto de modelos de combustible (una descripción generalizada de las características físicas del combustible [Keane *et al*., 2001]). Sin embargo, la generación de cartografía de la distribución de modelos de combustible, en una región dada, se ha definido bajo dos tendencias: 1) Inferencias directas, donde un determinado modelo de combustibles se asocia a algunos factores, como vegetación, especies y densidad; y 2) Consulta a expertos, que implica un enfoque subjetivo, ya que no hay garantía de que una misma zona sea clasificada con los mismos modelos entre dos o más expertos. Más aun, es difícil establecer los límites espaciales entre diferentes modelos (Reich *et al*., 2004). Para evitar estas limitaciones, el objetivo de este trabajo es definen los modelos de combustibles, y su distribución, bajo el concepto de proporción condicional de cargas (PCC). El cual se basa en que cada modelo de combustibles tiene una determinada proporción de carga de los diferentes combustibles que lo definen. Esto implica, que se debe evaluar directamente estos combustibles, lo que evita el uso de metodologías de inferencia y la consulta de expertos, que han mostrado una precisión muy variable (entre el 30% y el 70% [Keane *et al.,* 2001]). No obstante, se debe considerar que las evaluaciones directas de los combustibles llegan a ser costosas y pueden requerir de mucho tiempo, por lo que también se propone que, a través del uso de técnicas de geoestadística, se consiga una adecuada precisión de la continuidad espacial de los modelos de combustibles con el menor número de sitios de muestreo posibles.

Materiales y métodos

Área de estudio. Este estudio se realizó con información de un bosque comercial del ejido “El Largo y Anexos”, el cual se localiza dentro de la región denominada Mesa del Huracán, al noroeste del estado de Chihuahua, México (Figura 1). Las especies arbóreas predominantes son *Pinus durangensis, P. arizonica, P. engelmannii y Quercus sideroxyla*. La mayor parte de la topografía es montañosa, con una altitud entre 1,400 y 2,400 m, con algunos valles. La temperatura media anual oscila entre los 8.5˚C y los 12˚C. Las precipitaciones oscilan entre 690 y 1,130 mm/año (la mayor parte de la temporada de lluvias se produce de julio a septiembre). La temporada de incendios es en verano, durante la estación seca (de mayo a junio).

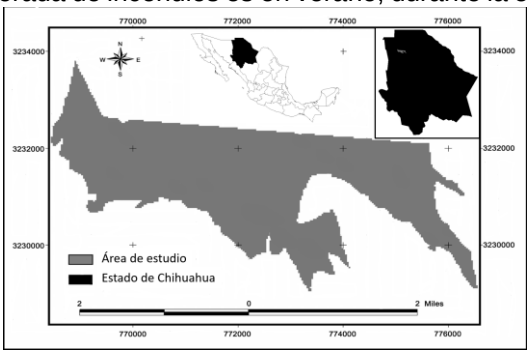


Figura 1. Localización de área de estudio, dentro de la “Mesa del Huracán”, a 270 km de la ciudad de Chihuahua, México (UTM Zona 12).

Evaluación de combustibles. La información utilizada en este estudio se recopiló de 554 sitios de muestreo (1,000 m^2), distribuidas aleatoriamente en un área de aproximadamente 1,200 ha. En estos sitios se evaluaron los combustibles forestales de 1, 10 y 100 horas, así como leñosos vivos, lo cual se basó en la metodología descrita por Brown *et al*. (1982).

Proporción condicional de cargas (PCC). Para clasificar cada uno de los sitios de muestreo en su correspondiente modelo de combustible, se consideró que cada modelo está condicionado a una determinada cantidad y proporción de cargas (t/ha^{-1}) de los combustibles de 1 hora (1HR), 10 horas (10HR) y 100 horas (100 HR), establecidas por Anderson (1982). Este enfoque se denomina proporción condicional de cargas (PCC), cuyo valor se determina con la siguiente formula: PCC= 1HR + 10HR + 100HR + (1HR * 100HR). El Cuadro 1 muestra los rangos de PCC correspondientes a cada modelo de combustibles.

Cuadro 1**.** Proporción condicional de cargas (PCC) y rangos límite para los modelos de combustible.

PCC	Límite* menor	Límite* mayor	Límite menor ajustado	Límite mayor ajustado	Modelo de combustible
73	1.56	1.90	0	3	**1-** pastos cortos (0.30m
3.71	3.34	4.08	3	5	**5-** matorral (0.6m)
7.41	6.67	8.15	5	10	**3-** pasto alto (0,76m)
12.19	10.97	13.41	10	13	**9-** hojarasca de latifoliada
14.75	13.28	16.23	13	19	**2-** pasto y sotobosque
21.19	19.08	23.31	19	25	**7-** arbustos del sureste
33.14	29.83	36.46	25	30	**6-** matorral en dormancia y hojarasca
35.25	31.73	38.78	30	40	**8-** hojarasca en bosque cerrado
78.79	70.91	86.67	40	80	**11-** residuos de corta ligera
88.24	79.42	97.07	80	100	**4-** chaparral (1.83m)
116.30	104.67	127.93	100	400	**10-** madrea (hojarasca y sotobosque)
488.25	439.43	537.08	400	1000	**12-** residuos de corta mediana
1344.64	1210.18	1479.10	1000	1500	**13-** residuos de corta pesada.

***** Límites establecidos con + -10% del valor de PCC

Mapeo de modelos de combustibles. Después de asignar los valores de PCC a cada uno de los sitios de muestreo, se determinó el modelo de combustibles correspondiente. Para pasar de una distribución puntual (sitios de muestreo) a una distribución continua se utilizó la técnica de interpolación kriging ordinario (KO). Las ventajas de usar este interpolador son: 1) Se considera el "mejor estimador lineal insesgado" (Hunner, 2000), porque sus estimaciones son combinaciones lineales ponderadas de los datos disponibles y porque tiende a generar un error cuadrático medio igual a cero, minimizando la varianza de los errores. El proceso de kriging ordinario comienza con el cálculo del variograma experimental, al cual se le ajusta un modelo teórico, con el que se generaron (interpolaron) los valores de PCC para las áreas no muestreadas, definiéndose un mapa continuo. Posteriormente, de acuerdo a los límites establecidos en el Cuadro 1, este mapa se clasifico en los modelos de combustibles correspondientes. En proceso de KO genero también el mapa continuo de las varianzas de las estimaciones (Hunner, 2000).

Interpolación de modelos. La distancia máxima entre sitios fue superior a 8.5 km, sin embargo, el 75% de los sitios de muestreo presento una distancia inferior a 3.8 km. El conocimiento de la distancia mínima entre puntos (en este caso 40 m) fue útil para definir la distancia entre pares de sitios (*lag*) utilizada para definir el variograma experimental. Para interpolar la distribución de los modelos de combustibles, se definió un variograma omnidireccional, bajo un enfoque isotrópico (Figura 2). El valor de *lag* de 20 m mostró los mejores resultados en la definición de este variograma experimental. Se manejó una tolerancia de *lag* equivalente a la mitad de la distancia de *lag*. Se probaron los modelos gaussiano, esférico y exponencial, resultando, bajo el criterio del menor índice de información de Akaike (AIC), de acuerdo con esto el modelo gaussiano, que resulto con el menor AIC, fue el que mejor se ajustó al variograma experimental.

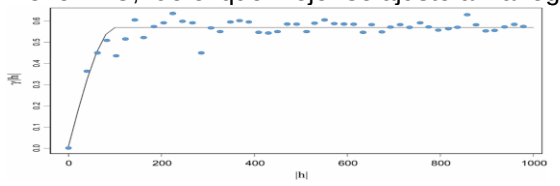


Figure 2. Variograma experimental y modelo esférico de ajuste, para analizar la correlación espacial de PCC.

Resultados y discusión

Las estimaciones de KO se realizaron en una cuadrícula de 40 × 40 m, que corresponde a la distancia mínima entre los sitios de muestreo. Dado que las estimaciones resultantes fueron discretas, se utilizaron los siguientes rangos para agrupar cada celda: MC-8 valores de celda de 8 a 8,66; MC-9 de 8,66 a 9,33: y MC-10 de 9,33 a 10. La Figura 3A muestra el patrón espacial de los tres modelos de combustible resultantes del proceso de KO. La mayor parte de la zona de estudio corresponde a los modelos de combustible 8 y 9 (38,1% y 34,8% respectivamente), mientras que el MC-10 tuvo una cobertura del 15,1%. También se calcularon los errores estándar asociados a las estimaciones (Figura 3B) en caso de que se quiera una mayor precisión se deberán tomar, en futuros trabajos, una mayor densidad de puntos en áreas de mayor varianza.

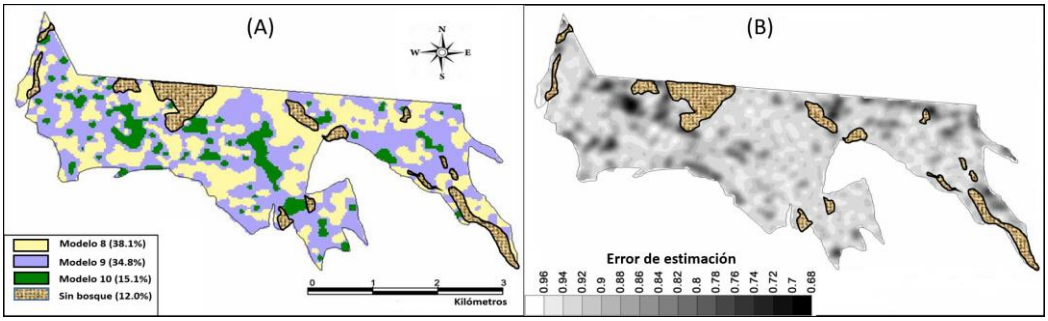


Figura 4. Patrón espacial de los modelos de combustible (A) y error de las estimaciones (B).

Conclusiones

La metodología mostrada permite una definición más fina de la distribución espacial de los modelos de combustible. Esto podría contribuir a una predicción más precisa del comportamiento espacial del fuego. La aplicación del concepto PCC no requiere experiencia previa en la clasificación de modelos de combustible. Además, trabajando dentro una misma área, la aplicación del concepto PCC resultaría sistemáticamente en la clasificación de los mismos modelos de combustibles. Otras ventajas de esta metodología de clasificación son: 1) se basa en las cargas reales de combustible, y no sólo en la estructura y composición de la vegetación; 2) es objetiva y evita el sesgo de los diferentes clasificadores (expertos); y 3) evita la necesidad del asesoramiento de expertos.

Referencias bibliográficas

Anderson, Hal E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. Gen. Tech. Rep. INT-GTR-122. Ogden, Utah: U.S.Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 22 p.

Brown, J.K., Oberheu, R.D., Johnston, C.M. 1982. Handbook for Inventorying Surface Fuels and Biomass in the Interior West. USDA Forest Service. General Technical Report INT-129, 48 p.

Flores G., J.G. 2001. Modeling the Spatial Variability of Forest Fuel Arrays. Ph.D. Thesis, Colorado State University, For Collins, 184 p.

Hunner, G. 2000. Modeling Forest Stand Structure using Geostatistics, Geographic Information Systems, and Remote Sensing. Thesis, Colorado State University, Fort Collins, 218 p.

Keane, R.E., Burgan, R., van Wagtendok, J. 2001. Mapping Wildland Fuels for Fire Management across Multiple Scales: Integ Rating Remote Sensing, GIS, and Biophysical Modeling. International Journal of Wildland Fire, 10, 301-319. https://doi.org/10.1071/WF01028

DETERMINACIÓN DE ANCHO DE BANDA PARA EL MAPEO DE LA DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES

José Germán Flores-Garnica [1*]

[1] C.E. Centro Altos, CIRPAC, INIFAP

*Autor para correspondencia: flores.german@inifap.gob.mx

Palabras clave: Densidad kernel, áreas prioritarias, riesgo de incendio.

Introducción

Los incendios forestales son una de las causas más importantes de la alteración y pérdida de la cobertura forestal; para contrarrestarlos es necesario implementar estrategias de prevención y control. No obstante, debido a los recursos limitados, las instituciones encargadas deben ubicar áreas de atención prioritaria, las cuales pueden determinarse a través de varios criterios, como la densidad de incendios forestales, para lo cual existen técnicas como la interpolación espacial y la estimación de densidad kernel (Koutsias *et al*., 2004). Esta última se basa en un proceso no paramétrico, cuyo uso implica la selección de una función para estimar la densidad (Silverman, 1986) y encontrar el tamaño de sitio adecuado para determinarla. Para ello, se asume un sitio circular y se define un radio de búsqueda (ancho de banda *h*) apropiado (Turlach, 1999); sin embargo, en el caso de incendios forestales los criterios estadísticos para la selección del valor de *h* no han sido claros, llegando incluso a hacerse simplemente de forma visual (de la Riva et al, 2004; Koutsias *et al*., 2004). En este sentido, el objetivo del trabajo fue establecer un proceso estadístico que defina el ancho de banda *h* (radio máximo de búsqueda) requerido en la estimación de la densidad kernel, con el fin de desarrollar una metodología replicable y comparable para la generación de mapas de áreas prioritarias contra incendios forestales.

Materiales y métodos

Área de estudio. El estudio se llevó cabo con información del estado de Jalisco, ubicado en el occidente de México, donde se queman entre 17 000 y 20 000 ha anuales, con un promedio de 530 incendios (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2015). Para definir el ancho de banda (*h*), se usó información georreferenciada de los incendios ocurridos en el periodo 2005 al 2013.

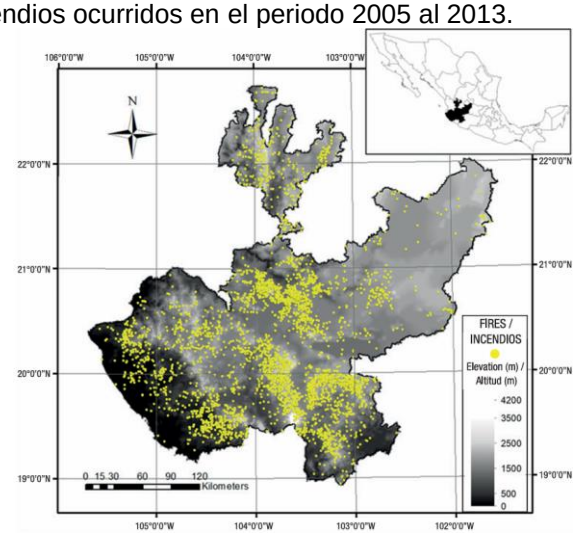


Figura 1. Incendios forestales ocurridos en el estado de Jalisco en el periodo 2005-2013 (CONAFOR, 2015).

Estimación de la densidad kernel. Considerando que los incendios forestales son eventos que ocurren en forma diferencial, definiendo variaciones espaciales en su densidad, para generar los mapas de distribución, se determinó la densidad kernel, la cual está basada en varias funciones, que pueden ser:

cuadrática (Silverman, 1986), uniforme, Epanechnikov, distribución normal, función triangular y función cuártica (Turlach, 1999).

Determinación de ancho de banda (h). Debido a que la aplicación de la función kernel requiere que se especifique un ancho de banda (*h*), para su definición, en este trabajo, se consideraron los siguientes procesos: 1) *Polígono teórico*. Se asume una superficie cuadrada teórica, donde el *h* teórico se define con base en la longitud del radio teórico correspondiente (de la Riva *et al*., 2004); 2) *Distancia aleatoria media* (DAM); 3) *Distancia promedio del vecino más cercano*. El valor de *h* se define con el cálculo de la distancia promedio que existe entre los incendios vecinos más cercanos (Koutsias *et al*., 2014); 4) *Regla de oro de Silverman*. Considera una función kernel no gaussiana, (Silverman, 1986); 5) *Rango intercuartílico*. Asume que la distribución se desvía de la normalidad.

Criterios de validación. El valor de *h* estadísticamente más adecuado se seleccionó mediante los siguientes criterios: *1) Raíz del error cuadrático medio* (REMC); *2) Raíz del error medio cuadrático integrado* (REMCI); *3) Coeficiente de variación* (CV). Considerando que el tamaño de h define una unidad de muestreo que permite captar la variabilidad del número de incendios forestales, en el área de estudio se analizaron varias superficies circulares o sitios de referencia (SIR): 1, 2, 4, 8, 10, 15, 30, 50, 70, 100, 150 y 200 km². Además, se evaluaron las siguientes intensidades de muestreo distribuidas completamente al azar: 100, 300, 500 y 1000 SIR. Los incendios contenidos se contabilizaron en cada SIR y, posteriormente, se graficó el CV que se define con relación a los 12 tamaños de SIR; de esta forma, la superficie del SIR y su correspondiente valor de *h* se seleccionaron en el punto donde la tendencia de la variabilidad inicia un comportamiento asintótico; *4) Porcentaje comparativo* (PC). En forma similar al CV, el aumento de *h* eventualmente define un comportamiento asintótico de REMCI, por lo que, de igual forma, una selección objetiva de *h* fue ubicar el punto de quiebre donde se inicia dicho comportamiento.

Resultados y discusión

Existe gran variación en los valores h obtenidos; el rango entre el valor máximo y el mínimo fue 39 356.34 m con una media de 10 936.74 ± 9 955.04 m. En el proceso del polígono teórico, la selección de *h* estuvo en función de la escala en la que se tenga la información; por lo que se estableció un radio teórico que corresponde a la mitad de la longitud del cuadro que define los pixeles (de la Riva et al., 2004). Como alternativa, se propuso basar la definición de *h* en el tamaño promedio de polígonos, asumiendo un polígono de 20 km² como la superficie cuadrada teórica, donde el *h* teórico (2 550 m) se definió con base en la longitud del radio teórico correspondiente (de la Riva et al., 2004), Esto resultó en el menor valor de *h* de todos los procesos probados. Para comprender la problemática que significa la selección de *h*, debe entenderse que es una variable (dentro de un modelo matemático) que puede definirse en modo fijo o en modo adaptativo. En el primer caso, *h* se definió con base en el concepto de la distancia promedio del vecino (DAM), donde se tomó el punto de incendio más cercano (Koutsias *et al*., 2004). De esta manera, el valor resultante fue menor que el promedio de las DAM definidas (5 854). Así mismo, con base en la "regla de oro de Silverman", el valor de *h* fue de 9 051 m, el cual se aproxima al promedio del criterio del doble de las DAM probadas (11 707); sin embargo, considerando una función kernel triangular, el valor de *h* resultante fue más del doble (21 996).

***Selección de ancho de banda* (*h*)**. Los resultados muestran que los errores tienden a incrementarse a medida que el valor de *h* aumenta, definiendo una tendencia que se ajusta a una regresión polinómica de segundo orden, sin llegar a definir un comportamiento asintótico. Esto no permitió establecer un punto de quiebre que permita definir un valor de *h* máximo. De igual forma, se eligió el tamaño de *h* con el menor error de estimación (REMCI), lo cual corresponde al valor más bajo de *h*. Sin embargo, esto no garantizo el valor de *h* más adecuado, ya que la variación (CV) de la densidad de incendios forestales disminuyo a medida que el tamaño de *h*. Con base en lo anterior, se encontró que la varianza (CV) disminuye al aumentar el valor de *h*, mientras que el sesgo (REMCI) aumenta. Por tanto, la definición del valor más adecuado de *h* fue aquel que representó un compromiso entre varianza y sesgo. Para esto, con base en el comportamiento asintótico de REMCI, se determinó el valor de *h* al ubicar el punto de quiebre donde se inicia la asíntota. Para esto, se determinaron los valores de porcentaje comparativo (PC), se definió más bien un rango de quiebre entre de los 5 000 y 6 000 m (Figura 2), situación que coincidió para los dos tamaños de polígonos de comparación (10 y 100 km²).

***Superficies continuas*.** Una vez definidos los valores de *h*, se procedió a implementar el estimador de la función kernel, con el cual se definen dos opciones para la generación de superficies continuas (Figura 3): a) con base en las probabilidades de densidad estimada; y b) con base en la estimación de la densidad (número de incendios por unidad de superficie) correspondiente. Considerando que en la definición de

estrategias de manejo del fuego se requiere contar con cartografía que permita ubicar y dimensionar áreas prioritarias, las superficies continuas se generaron con base en la densidad estimada con los diferentes valores de *h*. La Figura 2 muestra las superficies continuas, observándose que la superficie se "suaviza" a medida que el valor de *h* incrementa, mientras que, en valores bajos de *h*, la superficie continua tiende a definir regiones circulares alrededor de los puntos (incendios forestales), lo que se conoce como el fenómeno de "ojo de buey".

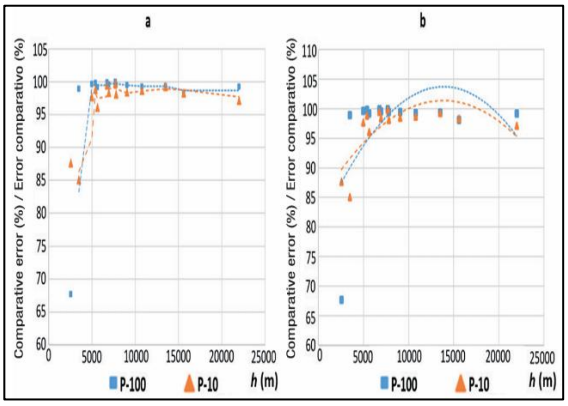


Figura 2. Error comparativo en referencia al REMCI (raíz de error medio cuadrático integrado) superior próximo y variaciones de *h* (ancho de banda): a) media móvil y b) modelo polinómico (segundo orden). P-10 y P-100 = polígonos de comparación de 10 y 100 km^2, respectivamente

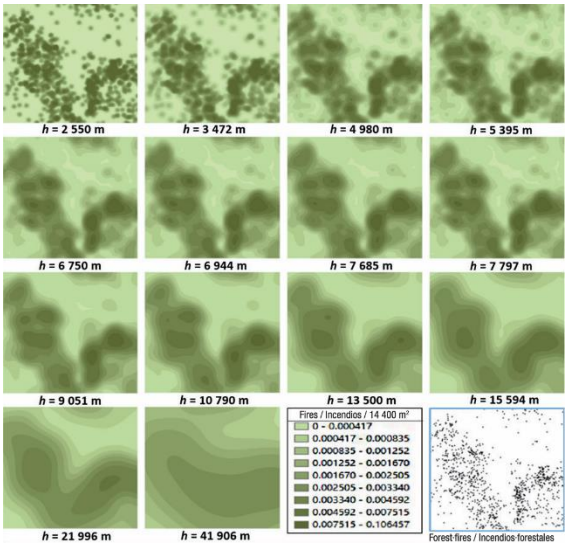


Figura 3. Superficies continuas de la densidad de incendios forestales (pixeles de 14,400 m^2 [120 x 120 m]), derivadas de la función de densidad kernel con diferentes valores de ancho de banda (*h*).

Conclusiones

Es factible establecer un proceso estadístico de selección del ancho de banda (*h*), para las estimaciones de densidad kernel de incendios forestales. De esta forma, se tiende a definir procesos y resultados replicables, comparables y compatibles, que no están condicionados a la participación de expertos, lo cual evita el uso de criterios subjetivos como la apreciación visual de las superficies continuas, que definen la variación espacial de la densidad de incendios forestales. Se encontró gran variación entre los valores del ancho de banda, lo cual implica que no existe un proceso único y universal para todos los casos. Esto debido a que las estimaciones de densidad kernel están condicionadas a varios factores, como la resolución espacial de la información, el ancho de banda, el número de puntos a considerar y las características intrínsecas del fenómeno en estudio

Referencias bibliográficas

Comision Nacional Forestal (2015). Estadística de incendios forestales. Comisión Nacional Forestal. En: https://snif.cnf.gob.mx/incendios/.

de la Riva, J., Pérez, C. F., Lana, R. N., & Koutsias, N. (2004). Mapping wildfire occurrence at regional scale. Remote Sensing of Environment, 92(3), 363–369. doi: 10.1016/j. rse.2004.06.022.

Koutsias, N., Kalabokidis, K., & Allgöwer, B. (2004). Fire occurrence patterns at landscape level: Beyond positional accuracy of ignition points with kernel density estimation methods. Natural Resource Modeling, 17(4), 359–375. doi: 10.1111/j.1939-7445.2004.tb00141.x

Silverman, B. W. (1986). Density estimation for statistics and data analysis. London, UK: Chapman & Hall/CRC. Retrieved fromhttps://ned.ipac.caltech.edu/level5/March02/ Silverman/paper.pdf

Turlach, B. A. (1999). Bandwidth selection in kernel density estimation: A review. Belgium: Institut de Statistique Université Catholique de Louvain. Retrieved from http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10 .1.1.44.6770&rep=rep1&type=pdf

MODELOS CLIMÁTICOS APLICADOS A LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL MUÉRDAGO ENANO EN BOSQUES BAJO MANEJO EN LA SUBCUENCA LAXAXALPAN, PUEBLA

Ramiro Pérez-Miranda[1*], Victor Javier Arriola-Padilla[1], Ángel Emmanuel Cruz-Estrada[1], Beatriz Valencia-Contreras[2], Vidal Guerra-de la Cruz[3], Elizabeth González-Corona[2]

[1] Cenid-Comef, INIFAP; [2] Prestador de servicios técnicos forestales; [3]Cevamex, INIFAP

*Autor de correspondencia: perez.ramiro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Arceuthobium*, Maxent, plaga forestal.

Introducción

La subcuenca Laxaxalpan se localiza en la región de Chignahuapan-Zacatlán, Puebla, donde existen bosques bajo manejo de pino, encino, mixtos y oyamel. Entre los pinos más representativos destacan *Pinus ayacahuite* var. *veitchii, P. leiophylla, P. montezumae, P. patula, P. pseudostrobus, P. rudis, P. teocote, P. cembroides* y *P. oaxacana*, todos vulnerables al ataque de plagas. Los muérdagos del género *Arceuthobium* son plantas parásitas que dependen de sus hospederos para obtener agua y nutrientes, provocando daños significativos en el volumen y calidad de la madera, reducción en la producción de conos y, en casos severos, la muerte del árbol. Además, hace susceptibilidad al árbol al ataque de insectos barrenadores y descortezadores. Entre 2010 y 2020 hubo 366 mil ha afectadas por muérdago, en los estados de Baja California, Sinaloa, Durango, Coahuila, Zacatecas, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Ciudad de México y Oaxaca. En 2024, la superficie afectada por plantas parasitas alcanzó 58,180 ha, lo que representa 66.4% del total a nivel nacional (SIVCFF, 2025). El incremento en la temperatura y el índice de aridez asociados al cambio climático han sido identificados como algunos de los factores que favorecen la proliferación de estos agentes patógenos. En este contexto, resulta fundamental evaluar el nivel de riesgo que representan para los ecosistemas forestales, con el fin de orientar la toma de decisiones y establecer medidas eficaces de mitigación.

Objetivo

Determinar la distribución geográfica potencial de *Arceuthobium globosum* Hawksw. & Wiens en bosques bajo manejo de la subcuenca Laxaxalpan, Puebla, mediante la aplicación de un modelo de cambio climático.

Materiales y métodos

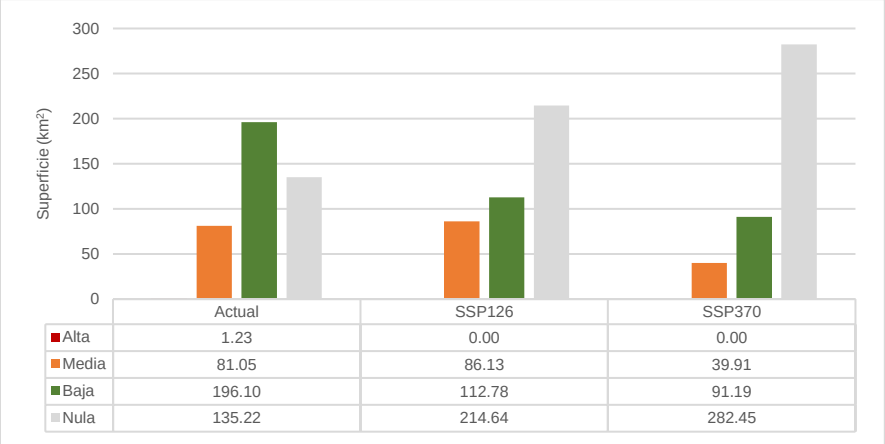
La subcuenca del río Laxaxalpan tiene una superficie de 413.55 km^2 y se ubica en la cuenca del río Necaxa, localizada entre las coordenadas 20° 15' 34.567"; 19° 39' 54.631" L. N. y 98° 14' 25.232"; 97° 33' 31.084" L. O. Se utilizaron registros de presencia del muérdago obtenidos a partir de informes técnicos fitosanitarios de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como de las plataformas: Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e iNATURALIST Mx. Con el propósito de obtener el mapa de distribución potencial actual se emplearon coberturas bioclimáticas adquiridas de la plataforma de UNIATMOS de Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México, y para los escenarios de cambio climático se usaron dos: SSP126 y SSP370 con el horizonte de 2041-2060 del modelo de circulación general GFDL-ESM4, obtenidos del Worlclim. Las coberturas topográficas (altitudinal, exposición y orientación) se generaron del Continuo de Elevaciones Mexicano del INEGI, y también se usó el índice de humedad. Todas se les realizaron post procesos en QGIS 3.16 para ajustarse a una resolución de ≈900 m. A las variables ambientales se les realizó un análisis de colinealidad aplicando un coeficiente de correlación de Pearson de ≥ ±0.85 en el programa R Studio. Posteriormente, las variables ambientales y los registros de presencia de *A. globosum* resultantes fueron empleados en el algoritmo Maxent para generar los mapas de distribución de la especie; se aplicó 75 % de los datos de presencia para el entrenamiento del modelo y 25 % restante para la validación (Phillips, 2010). La métrica utilizada fue el estimador de área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés) del análisis de la característica operativa del receptor (ROC, por sus siglas

en inglés). El raster de salida fue discretizado bajo umbrales con intervalos del 25 % (categorías alta, media, baja y nula).

Resultados y discusión

Los resultados del coeficiente de correlación de Pearson indicaron que 11 variables no presentaron colinealidad. Los valores de AUC fueron de 0.973 para los datos de entrenamiento y de 0.957 para la prueba de validación, que de acuerdo con Peterson *et al*. (2011), son catalogados como muy buenos. Las variables ambientales que contribuyeron al desarrollo del modelo de distribución de *A. globosum*, en orden descendente fueron B1 (Temperatura media anual) con 51.6 %, Ih (Índice de humedad de Lang) 33.8%, B2 (Rango diurno medio) 7.8%, B18 (Precipitación del trimestre más cálido) 3.0%, B3 (Isotermalidad) 1.5%, Slop (Pendiente) 0.8%, Asp (Orientación de laderas) 0.5 %, B15 (Estacionalidad de la precipitación) 0.4 %, B12 (Precipitación anual) 0.3 %, B14 (Precipitación del mes más seco) y B19 (Precipitación del trimestre más frío) 0.1 %, cada uno. Este estudió destacó que la temperatura media anual (B1) e índice de humedad de Lang (Ih) fueron las que más aportaron en la construcción de los modelos, son variables que limitan la distribución geográfica de *A. globosum*. La combinación de ambos factores (temperatura y humedad) restringen su distribución.

Las superficies potenciales actual y con escenarios de cambio de climático del muérdago se muestra en la Figura 1.

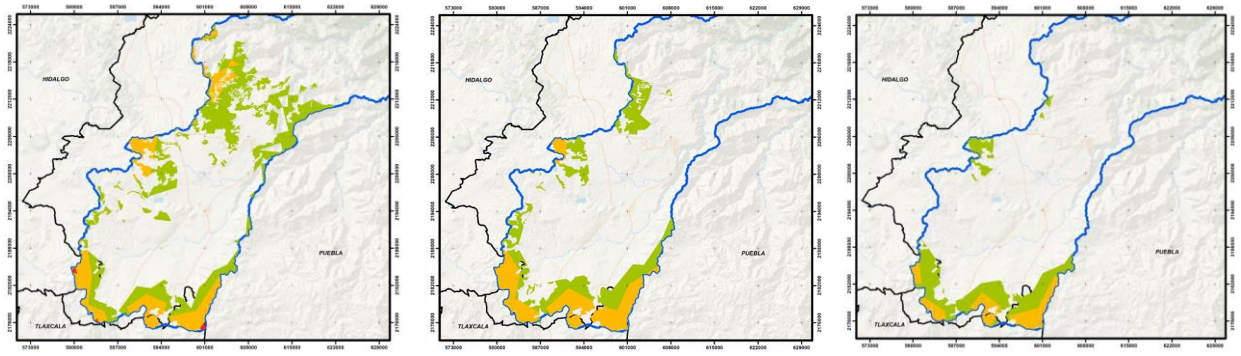


	Actual	SSP126	SSP370
Alta	1.23	0.00	0.00
Media	81.05	86.13	39.91
Baja	196.10	112.78	91.19
Nula	135.22	214.64	282.45

Figura 1. Superficies de la distribución potencial actual y modelo GFDL-ESM4 con diferentes escenarios: SSP126 y SSP370, ambos para el horizonte 2041-2060, de *A. globosum* en la subcuenca Laxaxalpan, Puebla.

La distribución potencial actual del muérdago, en la subcuenca, la aptitud alta es muy reducida y se localiza por arriba de 3,200 m s.n.m.; la media está entre 2,900 a 3,200 m s.n.m. y la baja cubre mayor superficie en la subcuenca (Figura 2a). Comparando los resultados con Quiñonez *et al*. (2017) se observa que se obtuvieron resultados más amplios, ya que el intervalo altitudinal de la plaga está entre 2300 y 2,800 m s.n.m.; sin embargo, Endara *et al.* (2022) lo encontró en elevaciones entre 3,600 a 3,800 en *Pinus hartwegii*.

La distribución potencial con escenarios de cambio climático, la aptitud alta se desaparece en ambos escenarios (SSP126 [Figura 2b] y SSP370 [Figura 2c]) en el horizonte 2041-2060, con respecto a la distribución actual. La aptitud media tiene mayor presencia en la parte alta (extremo sur) de la subcuenca con el escenario SSP126 (Figura 2b) en relación al escenario actual (Figura 2a), mismo comportamiento se observa con el SSP370 (Figura 2c); y con la aptitud baja tiende a reducirse considerablemente en ambos escenarios (Figura 2b y 2c) respecto al actual (Figura 2a).



(a) Actual (b) GFDL-ESM4 SSP126 (c) GFDL-ESM4 SSP370

Figura 2. Mapas de la distribución potencial actual y modelo GFDL-ESM4 con diferentes escenarios: SSP126 y SSP370, ambos para el horizonte 2041-2060, de *A. globosum* en la subcuenca Laxaxalpan, Puebla.

Conclusiones

Los modelos de distribución de *A. globosum*, en la subcuenca Laxaxalpan en bosques bajo manejo afectadas, y con escenarios de cambio climático, muestran superficies con distribución potencial media y baja. Este estudio proporciona información valiosa para los tomadores de decisiones, con el fin de implementar medidas de mitigación orientadas a la conservación de los bosques templados y a la reducción de riesgos asociados.

Agradecimientos y fuente financiera

El presente estudio se desarrolló en el marco del proyecto de investigación: “Manejo integrado de recursos forestales para la sustentabilidad de los servicios ecosistémicos ante el cambio climático”, se agradece al INIFAP por el apoyo otorgado en recursos fiscales, materiales y humanos. También a la SEMARNAT, por facilitar la base datos de los registros de las notificaciones de plagas en la región bajo estudio.

Referencias bibliográficas

Endara, Á., Heredia, R., García, L., Luna, A., Franco, S., y Cibrián, V. (2022). Factores asociados con la distribución espacial de muérdagos enanos en dos poblaciones de *Pinus hartwegii* del centro de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 93. https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.5008

Peterson, A., Papes, M., y Soberon, J. (2011). Conservadurismo de nicho ecológico: una revisión de evidencia estructurada en el tiempo. Revista de Biogeografía, 38(5), 817-827.

Phillips, S. (2010). Un breve tutorial sobre Maxent. Lessons in Conservation, 3, 107-135.

Quiñonez, S., Mathiasen, R., González, S., y Quiñonez, S. (2017). Caracterización de los muérdagos enanos que afectan los bosques de coníferas en los estados de Durango y Sinaloa, México. Simposio Nacional de Parasitología Forestal.

Sistema Integral de Vigilancia y Control Fitosanitario Forestal (SIVCFF). (2025). Reporte Nacional de Plagas Forestales Enero-Diciembre (2024). Estadísticas nacionales de afectación. Fecha de consulta 5 de mayo de 2024. http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/Estadisticas%20nacionales%20de%20afectacion/2024/Reporte_Nacional_de_Plagas_Forestales_Enero_Diciembre_2024.pdf

VARIABLES CLIMÁTICAS SOBRE EL DESARROLLO DE *Dendroctonus adjunctus* Blandford (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) EN EL NEVADO DE TOLUCA, MÉXICO

Víctor Javier Arriola-Padilla[1*], Elizabeth González-Corona[1], José Francisco Reséndiz-Martínez[1], Erick Velázquez-Reyes[1], Guillermo Sánchez-Martínez[2]

[1]CENID COMEF, INIFAP; [2]CIRNOC-C.E. Pabellón, INIFAP.

*Autor para correspondencia: arriola.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave: descortezador, factores ambientales, ciclo reproductivo.

Introducción

El Nevado de Toluca, también conocido como Xinantécatl, constituye una de las Áreas de Protección de Flora y Fauna más relevante del centro de México debido a su alta diversidad biológica y por su papel estratégico en la regulación hídrica regional. No obstante, en las últimas décadas, los efectos del cambio climático han alterado los equilibrios ecológicos de esta región, facilitando la proliferación de organismos nocivos que comprometen la integridad forestal. Uno de los impactos más evidentes en esta zona ha sido el incremento de la temperatura media anual. De acuerdo con Manzanilla y colaboradores (2018), se ha notificado un aumento promedio de 1.87 °C en los últimos 34 años y una disminución anual en la precipitación estimada de entre 61 y 98 mm, lo que representa una disminución de 7.5 % respecto a los promedios históricos. Estas variaciones alteran significativamente los patrones fenológicos de numerosas especies forestales. Tal es el caso del escarabajo descortezador *Dendroctonus adjunctus* Blandford, el cual es considerado una de las plagas forestales más agresivas debido a su capacidad de provocar mortalidad masiva en bosques templados, especialmente en altitudes superiores a los 3,000 msnm (Soto-Correa *et al*., 2022). En particular, la temperatura desempeña un papel determinante al influir en la duración de las etapas del ciclo biológico, el número de generaciones anuales y la sincronía en la emergencia de adultos (del-Val & Sáenz-Romero, 2017). Ante este escenario, resulta imprescindible comprender como estos factores climáticos influyen en el desarrollo de *D. adjunctus* para anticipar escenarios de riesgo, fortalecer las estrategias de manejo forestal y contribuir a la conservación de los ecosistemas de alta montaña.

Objetivo

Analizar la relación del ciclo reproductivo de *Dendroctonus adjunctus* con tres variables climáticas en bosques de *Pinus hartwegii* en el Nevado de Toluca.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (19.1086° N, 99.7548° O), en la región Parque de los Venados, localizada dentro del Ejido San Juan de las Huertas, municipio de Zinacantepec, Estado de México a una altitud entre los 3,500 y 3,700 m s. n. m. En mayo de 2024 se seleccionaron 13 árboles *Pinus hartwegii*, con un diámetro promedio de 47.0 ± 5.0 cm y una altura de 25.0 ± 3.0 m, con signos visibles de infestación por escarabajos descortezadores (follaje verde alimonado y presencia de grumos de resina), A partir de esta selección, se llevaron a cabo **cinco muestreos**, uno por mes, entre mayo y octubre del mismo año; es importante mencionar que esta actividad no se realizó en septiembre debido a condiciones de inseguridad dentro del Nevado de Toluca. En cada muestreo se tomaron de 3 a 5 fragmentos de corteza por árbol (fuste, fuste medio y base) con dimensiones de aproximadamente 10 x 10 cm, los cuales fueron etiquetados, almacenados en condiciones controladas y trasladados al Laboratorio de Sanidad Forestal del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF). Las cortezas se diseccionaron para cuantificar los diferentes estados de desarrollo del insecto: huevo, larva, pupa, preimago y adulto; los adultos fueron identificados a nivel especie mediante claves taxonómicas. Para correlacionar los estados de desarrollo con variables climáticas se recopiló información de dos fuentes: en primera instancia, se utilizaron registros mensuales de temperatura media y precipitación de la estación meteorológica 15229, ubicada en Zinacantepec, Estado de México, operada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a una distancia aproximada de 6 km del área de muestreo y, en segundo lugar, se consultó la plataforma Meteoblue® para adquirir datos adicionales de variables como la temperatura y humedad relativa.

Resultados y discusión

En total, se contabilizaron: 51 huevos (29.8 %), 47 larvas (27.5 %), 10 pupas (5.8 %), 21 preimagos (12.3 %) y 75 adultos (43.8 %) (Figura 1), es importante mencionar que no todos los fragmentos diseccionados mostraron presencia de descortezadores. El mayor número de registros corresponde a los adultos, cuya incidencia aumentó de forma significativa entre julio y agosto, alcanzando un 100 %. Este patrón coincide con un periodo de estabilidad térmica (temperaturas promedio entre 12 °C y 14 °C), y un porcentaje de humedad relativa superior al 80 % (Figura 2). Estas variables favorecen la emergencia y dispersión de adultos, al optimizar los procesos metabólicos del insecto (Salinas-Moreno *et al*., 2010). En cuanto a la oviposición, se observó un incremento en el número de huevos durante el mes de octubre (superior al 80 %). Este comportamiento puede explicarse por las condiciones de alta humedad relativa, lo cual contribuye a mantener la viabilidad de los huevos, y prevenir su desecación para culminar el ciclo (Armendáriz-Toledano *et al*., 2015). Por otra parte, la presencia de larvas y pupas fue más evidente en los meses intermedios del muestreo, particularmente en junio y julio. Esto sugiere que los huevos depositados a finales de la primavera iniciaron su desarrollo larval con el incremento progresivo de humedad y temperatura en los primeros meses del verano (Figura 1 y 2).

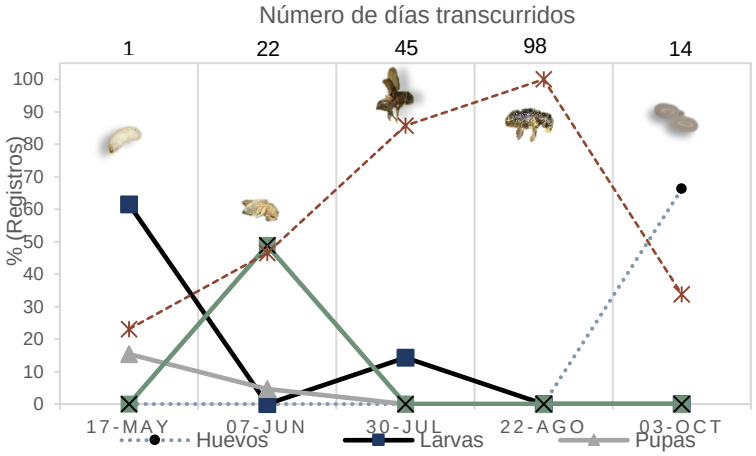


Figura 1. Porcentaje relativo de cuatro estados de desarrollo de *D. adjuntus* en los meses de mayo a octubre de 2024 en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

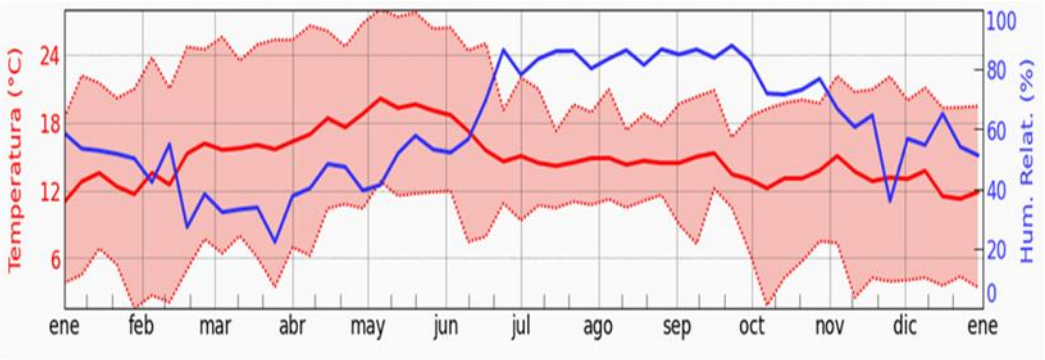


Figura 2. Temperatura (°C) y humedad relativa (%), modelo: NEMSGLOBAL.

Como se puede observar en la Figura 3, el mes de junio presentó los niveles más altos de precipitación (90 mm) y decreció en los siguientes dos meses (19 y 4 mm), lo cual coincidió con la emergencia de los adultos. Estos resultados muestran que los regímenes de lluvias en combinación con la temperatura están relacionados en el ciclo biológico de *D. adjunctus* como lo señala Soto-Correa *et al*., 2022.

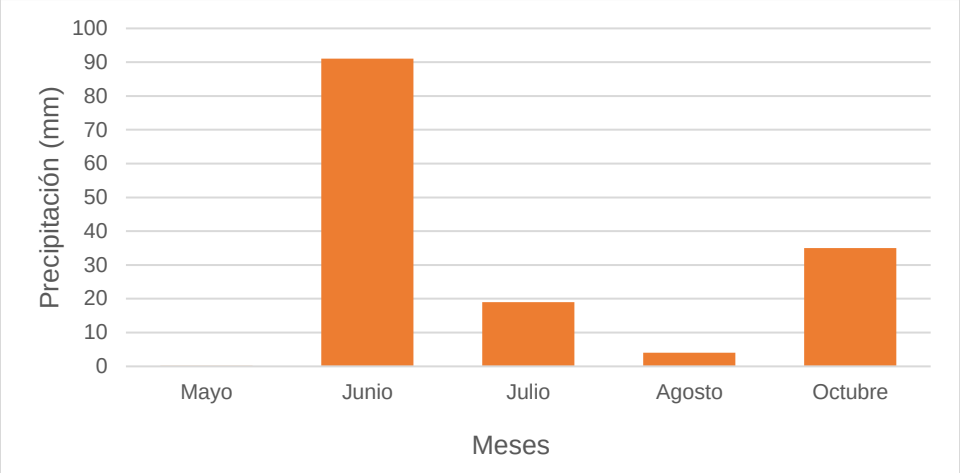


Figura 3. Precipitación mensual. Estación meteorológica 15229, ubicada en Zinacantepec, Estado de México.

Conclusiones

Los resultados indican que el desarrollo de *Dendroctonus adjunctus* en el Nevado de Toluca está influenciado por las condiciones climáticas. El incremento en la presencia de adultos se relaciona con los tres factores temperatura, humedad relativa y la precipitación. Asimismo, la presencia de huevos requiere una humedad relativa elevada (alrededor del 80 %), la cual también está vinculada con los niveles de precipitación. No obstante, estos resultados son preliminares, ya que es necesario estudiar ciclos anuales y monitorear de forma continua las variables climáticas en el sitio de estudio.

Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por financiar el proyecto "Determinación de temperaturas umbrales y grados día implicados en el desarrollo de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus mexicanus*, y modelaje de los ciclos y límite de distribución de estas especies bajo tres escenarios climáticos" y al personal y directivos de la Protectora de Bosques del Estado de México (Probosque) por la facilidades y apoyo otorgado durante los muestreos.

Referencias bibliográficas

Armendáriz-Toledano, F., Niño, J., Sullivan, B. T., Kirkendall, L. R., & Zúñiga, G. (2015). A new species of bark beetle, *Dendroctonus mesoamericanus* sp. nov. (Curculionidae: Scolytinae), in southern Mexico and Central America. *Annals of the Entomological Society of America*, *108*(3), 403–414. https://doi.org/10.1093/aesa/sav021

del-Val, E, & Sáenz-Romero, C. (2017). Insectos descortezadores (Coleoptera: Curculionidae) y cambio climático: problemática actual y perspectivas en los bosques templados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, *20*(2), 10.1016/j.recqb.2017.04.006. https://doi.org/10.1016/j.recqb.2017.04.006

Manzanilla, Q., U., Aguirre, C. O. A., Jiménez, P. J., Treviño, G. E. J., & Yerena, Y. J. I. (2018). Escenarios de cambio climático (CMIP-5) para tres áreas naturales protegidas en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *9*(50). https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.255

Salinas-Moreno, Y., Vargas, M. C. F., Zúñiga, G., Víctor, J., Ager, A., & Hayes, J. L. (2010). *Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae) en México*. Instituto Politécnico Nacional/Comisión Nacional Forestal.

Soto-Correa, J. C., Hernández-Muñoz, G., & Cambrón-Sandoval, V. H. (2022). Efecto de las variables climáticas en *Dendroctonus mexicanus* Hopkins (Coleoptera: Curculionidae) en bosques de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *13*(69), 112–131. https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.1161

BIOLOGÍA DE *Dendroctonus mexicanus* Hoppkins (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

José Francisco Reséndiz Martínez[1*], Erick Velázquez Reyes[2], Guillermo Sánchez Martínez[3], Víctor Javier Arriola Padilla[4], Elizabeth González Corona[5], Ángel Emmanuel Cruz Estrada[6]

[1]CENID COMEF, INIFAP, [2]Prestador de Servicios Profesionales, [3]Campo Experimental Pabellón, INIFAP

*Autor para correspondencia: resendiz.francisco@inifap2.gob.mx

Palabras clave: ciclo biológico, requerimientos calóricos, descortezador.

Introducción

En 2023, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) reportó 58 403 hectáreas afectadas por plagas forestales, de las cuales el 15.63 % corresponde a insectos descortezadores, principalmente en bosques templados del centro de México (CONAFOR, 2023). Aunque estos organismos forman parte de la estructura y funcionamiento ecológico de los ecosistemas, algunas especies del género *Dendroctonus* han adquirido relevancia fitosanitaria debido a su capacidad de generar brotes epidémicos en condiciones de estrés ambiental. El incremento de la temperatura, el déficit hídrico y otras manifestaciones del cambio climático han intensificado la susceptibilidad de los bosques, favoreciendo la proliferación de estas plagas y provocando episodios de alta mortalidad arbórea (Salinas-Moreno *et al*., 2010). En este sentido, *Dendroctonus mexicanus* Hopkins se clasifica como una plaga forestal primaria por su habilidad para colonizar individuos vigorosos o fisiológicamente comprometidos. Su capacidad para infestar múltiples especies del género *Pinus* y su adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas lo posicionan como uno de los agentes bióticos de mayor impacto en los ecosistemas forestales del país. Ante este panorama, el estudio de la biología de *D. mexicanus* bajo condiciones controladas de laboratorio se vuelve fundamental para comprender su ciclo de vida, comportamiento reproductivo y requerimientos fisiológicos, con el fin de generar conocimiento que contribuya al diseño de estrategias eficaces de manejo integrado. En el contexto de los descortezadores, insectos que atacan árboles, la temperatura juega un papel crucial en su desarrollo y actividad. Los umbrales de temperatura se refieren a los límites térmicos que influyen en su ciclo de vida, vuelo y reproducción. En general, temperaturas más altas, especialmente por encima de los 15°C, favorecen el vuelo y la actividad de los adultos en busca de nuevos árboles para atacar.

Objetivo

Determinar el ciclo biológico de *Dendroctonus mexicanus* en laboratorio a través de la cría en trozas de pino mediante la utilización de cámara climática, con la finalidad de recopilar los requerimientos calóricos de la especie.

Materiales y métodos

El material biológico se recolectó en el Parque “Santa Lucía”, ubicado en el Ejido San Mateo el Viejo, municipio de Temascalcingo, Estado de México. Las coordenadas geográficas del sitio son 19°53'56.2" N y 99°55'01.2" O. En este predio se seleccionaron árboles de pino visiblemente infestados por escarabajo descortezador. A partir de estos individuos se obtuvieron 12 trozas, seis de *Pinus ayacahuite* y seis de *Pinus greggii*, cada una con un diámetro promedio de 20 cm y una longitud de 30 cm. Las trozas se trasladaron al laboratorio de sanidad forestal del Cenid-Comef para su procesamiento experimental. Una vez en el laboratorio, los extremos de cada troza fueron selladas con un recubrimiento base agua. Este procedimiento tuvo como objetivo conservar la humedad interna de la madera y evitar su desecación durante el periodo de observación. Posteriormente, las muestras fueron introducidas en una cámara climática Lab-Line® modelo 850H, siguiendo el protocolo desarrollado por Sánchez-Martínez (inédito). Dentro de la cámara se instaló un dispositivo Data Logger para el monitoreo continuo de la temperatura y la humedad relativa. El experimento se desarrolló durante un periodo total de 57 días, iniciando el 23 de abril y culminando el 18 de junio de 2024. Se efectuaron muestreos semanales, en los cuales se extraían fragmentos de corteza de 10 × 10 cm, utilizando una mini motosierra portátil para obtener estas trozas. Las

muestras se tomaron tanto en zonas de ingreso de galerías como en otras áreas, con el fin de registrar los diferentes estados de desarrollo del insecto. Los organismos extraídos fueron conservados en frascos tipo Eppendorf con alcohol al 70 % y etiquetados adecuadamente. Las temperaturas contempladas originalmente fueron: 5°C, 0°C, -5°C, -8°C, -10°C, -12°C, -14°C, -16°C, -18°C y -20°C, sin embargo, solo se probaron las temperaturas de 0^0 y de 5^0 C. debido a la falta de descortezadores.

Posteriormente, se procedió a su análisis morfológico bajo microscopio estereoscópico para su identificación y clasificación por estadio biológico (huevo, larva, pupa, preimago y adulto). La frecuencia de individuos por estado fue registrada manualmente y luego digitalizada en una base de datos construida en Microsoft Excel®, con fines de sistematización y análisis posterior. Se elaboró un análisis de correlación lineal simple al 95% ($P < 0,05$) en el paquete estadístico JMP (versión 8), con la finalidad de medir la asociación lineal que existe entre la acumulación de °D y la acumulación de estadios durante las nueve semanas de evaluación. Se realizó el análisis, considerando el total de estadios registrados por semana como la variable dependiente, y la acumulación de °D como la variable independiente.

Resultados y discusión

Durante el periodo de evaluación se identificaron los cinco estadios del ciclo biológico de *Dendroctonus mexicanus*: huevo, larva, pupa, preimago y adulto. Se obtuvieron registros de dos generaciones sucesivas a lo largo del experimento (cohorte). En la primera semana de muestreo (23/04/2024), los estados predominantes fueron larvas y adultos, lo que indica que los insectos ya se encontraban activos dentro de las trozas al inicio del experimento. No fue sino hasta el 21 de mayo cuando se registró la presencia de huevos, lo que marcó el inicio de la segunda generación. Así, la primera generación se desarrolló entre el 23 de abril y el 21 de mayo, mientras que la segunda se extendió desde el 21 de mayo hasta el final del ensayo, el 18 de junio. Con base en la frecuencia de aparición de los distintos estadios a lo largo del periodo de evaluación, se determinó que el ciclo completo de desarrollo de *D. mexicanus* bajo condiciones controladas tuvo una duración promedio de 51.8 días. A partir del momento en que se detectaron los huevos (21/05/2024), se estimó que estos requirieron un promedio de (ocho) días para eclosionar. Este valor coincide con observaciones previas sobre la biología del género, donde se reportan tiempos similares bajo condiciones estables (Sánchez & Torres, 2008). El estadio larval fue el de mayor duración, con un promedio de 22 días, resultado coherente con lo descrito en la literatura, dado que este insecto presenta cuatro instares larvales (Six & Bracewell, 2015). Posteriormente, el estadio de pupa tuvo una duración media de 10.3 días, con presencia registrada desde finales de mayo y hasta mediados de junio. Por último, el desarrollo del adulto requirió un promedio de 11.5 días para alcanzar la madurez funcional y completar el ciclo de biológico. Estos resultados son consistentes con estudios anteriores sobre *D. mexicanus* y otras especies del mismo género, como *Dendroctonus adjunctus*, cuyos ciclos presentan variabilidad según las condiciones ambientales, pero comparten una duración relativamente prolongada del estadio larval como fase crítica del desarrollo (Cano *et al*., 2005; Sánchez & Torres, 2008) (Figura 1).

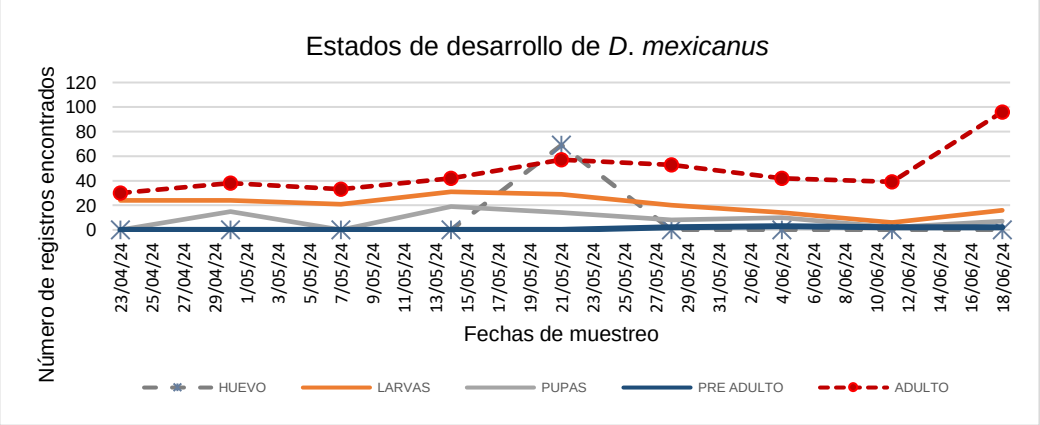


Figura 1. Número de ejemplares registrados por estado de desarrollo.

Conclusiones

Se determinaron todos los estadios, asociándolos a dos cohortes de *Dendroctonus mexicanus*. Además, se cuantificó el tiempo de desarrollo para cada etapa y ciclo completo, resultando en un ciclo de 51.8 días. Los resultados finales permitirán corroborar la estimación de 1 028 Grados Día que requiere esta especie para completar un ciclo.

Agradecimientos

Al Biólogo Leonardo Betanzos (Probosque) por las facilidades otorgadas para ubicar los sitios con brotes activos de descortezadores y en la obtención de trozas.

Fuente financiadora

Agradecemos Inifap por financiar el proyecto “Determinación de temperaturas umbrales y grados día implicados en el desarrollo de *Dendroctonus adjunctus* y *Dendroctonus mexicanus,* y modelaje de los ciclos y límite de distribución de estas especies bajo tres escenarios climáticos” con número SIGI 1281435966

Referencias bibliográficas

Cano, A., Martínez, O. U., Torres, L. M., & Sánchez, J. A. (2005). Determinación de zonas con riesgo al ataque del descortezador Dendroctonus adjunctus Blandford en bosques de coníferas del sureste de Coahuila (Folleto Técnico Núm. 20, 24 p.). C.E. Saltillo, INIFAP.

Comisión Nacional Forestal. (2023). Estado que guarda el sector forestal en México (pp. 56–62). CONAFOR.

Sánchez Salas, J. A., & Torres Espinosa, L. M. (2007). Biología y hábitos del descortezador Dendroctonus mexicanus Hopkins y estrategias de control en Pinus teocote en Nuevo León (Folleto Técnico Núm. 29, 35 p.). CIRNE, INIFAP.

Salinas-Moreno, Y., Vargas, M. C. F., Zúñiga, G., Víctor, J., Ager, A., & Hayes, J. L. (2010). Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género Dendroctonus (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional / Comisión Nacional Forestal.

Six, A. L., & Bracewell, R. (2015). Dendroctonus. En F. E. Vega & R. W. Hofstetter (Eds.), Bark beetles: Biology and ecology of native and invasive species (pp. 305–350). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.09989-5

GENERACION SEMI-AUTOMATIZADA DE CARTOGRAFIA DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

Diana Yemilet Avila-Flores[1*], José German Flores-Garnica[2]

[1]Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP, [2]Campo Experimental Centro Altos, CIRPAC- INIFAP

*Autora para correspondencia: avila.diana@inifap.gob.mx

Palabras clave: Protección forestal, manejo del fuego, ToolBox.

Introducción

Los recursos forestales en México son perturbados, año con año, por incendios forestales, registrándose en 2024 8,002 incendios, impactando 1, 672,215.7 hectáreas, de las cuales 262,529 pertenecían a ecosistemas sensibles al fuego (CONAFOR, 2024). Siendo importante señalar que la ocurrencia de estos incendios es provocada mayormente por actividades antropogénicas, que significan el 86.4% (CONAFOR, 2024). Debido a esto, se debe atender la problemática de incendios forestales, no solo desde la perspectiva de combate sino desde la prevención. Para esto se han implementado diversas estrategias, las cuales se integran bajo el concepto de manejo del fuego; en el cual, entre otros aspectos, deben definirse las áreas de atención prioritaria contra incendios forestales (CONAFOR, 2010). Esto se debe a que los recursos humanos y económicos son limitados, lo que hace imposible atender todas las áreas, por lo que es esencial ubicar y dimensionar regiones donde la atención se considera prioritaria. Para este fin existen múltiples metodologías, las cuales consideran, generalmente, los criterios de: a) riesgo, de que inicie un incendio; b) peligro de que se propague y c) el valor de lo que puede ser afectado. En específico el criterio de riesgo considera variables relacionadas con actividades humanas, el historial de incendios y la superficie afectada. Cada una se puede integrar a un sistema de información geográfica (SIG), donde podrán ser analizadas, bajo ciertos criterios, para generar la cartografía de riesgo de incendio. Sin embargo, este proceso implica dos limitantes: a) se requiere de personal entrenado en SIG; y b) debido al manejo del número de variables y procesos, se puede incurrir en errores. Por lo que es necesario el uso de tecnologías prácticas que aseguren siempre los mismos resultados evitando incurrir en errores en el proceso. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue generar un sistema que integre la información georreferenciada de diferentes variables que definen el riesgo de incendio y que las procese en forma semi-automatizada, bajo diferentes rangos de ponderación, teniendo como resultado la generación de un mapa temático de clases de riesgo de incendios forestales para una región determinada. Este sistema permite generar mapas a diferentes escalas (área, estado, región), que muestran diferentes niveles de riesgo de incendio (p.e. alto, medio y bajo).

Materiales y métodos

Para la creación de un mapa de riesgo, el sistema requiere primeramente capas o archivos (vectoriales o raster) que contenga la información de cada una de las variables de riesgo, las cuales se agrupan en los siguientes rubros (Figura 1): localidad, caminos, incendios y área de los incendios. Posteriormente, en cada uno de estos mapas se aplican diferentes rangos de ponderación, que definen la posibilidad de riesgo. Por ejemplo, la proximidad a localidades se pondera de la siguiente forma: valor de 4 a los pixeles que se encuentren entre 0 a 500 m de distancia de la localidad; un valor de 3 entre 500 y 1000 m, valor de 2 entre 1000 y 2000 m; y valor de 1 entre a 2000 a 2500 m. Esto implica que entre más cerca este un área forestal de una localidad tiene más riesgo de incendio. De igual forma se ponderaron el resto de las variables (7) de riesgo. Finalmente, a través de algebra de mapas se hace una suma de todas las ponderaciones, resultando en un mapa raster. Todo este proceso se integró en una “ToolBox”, dentro de la plataforma del sistema ArcMap, la cual se desarrolló con base a la opción “ModelBuilder” (Constructor de modelos). Este proceso se va definiendo en forma gráfica (Figura 2), pero se respalda en un código fuente en el lenguaje Python (Eydel *et al*., 2011).

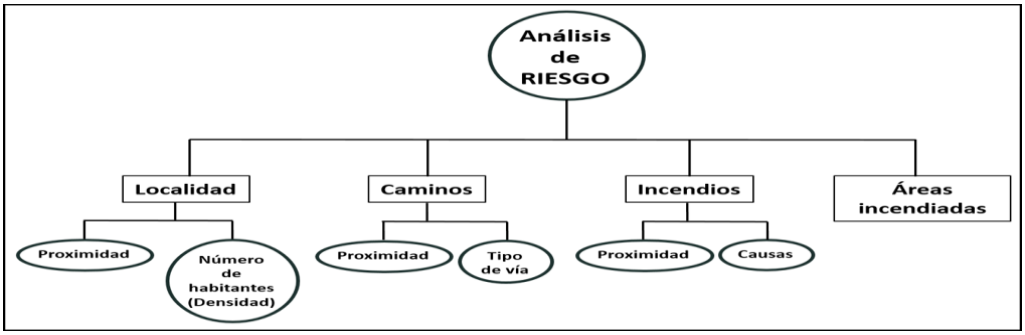


Figura 1. Variables que se utilizan para definir las ponderaciones de riesgo de incendio forestal.

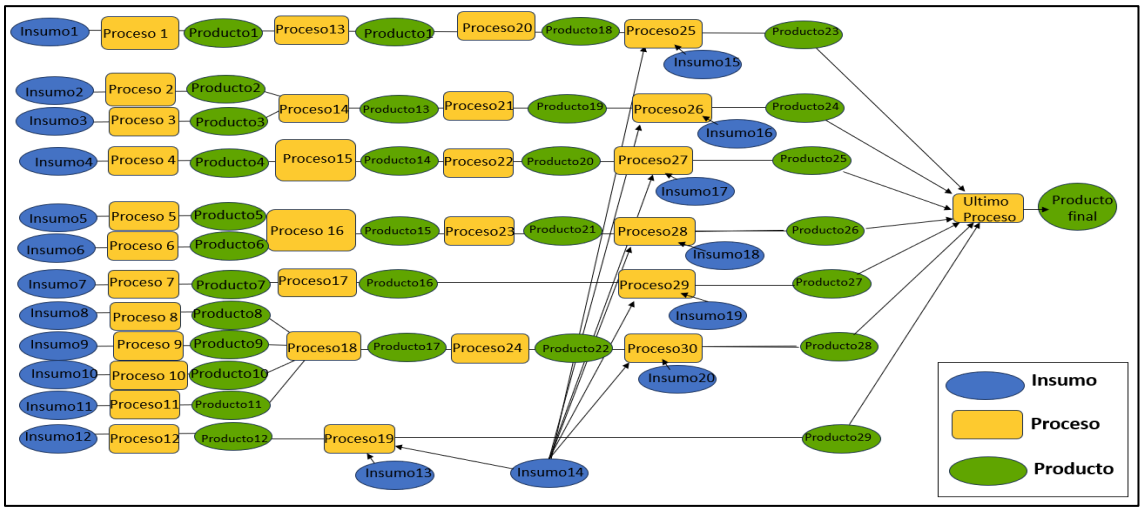


Figura 2. Esquematización del proceso automatizado para generar cartografía de riesgo de incendio.

Resultados y discusión

La ToolBox desarrollada (Riesgo_1), permite, en forma semi automatizada, generar un mapa de ponderaciones de riesgo de incendio forestal. Para su implementación se requiere integrar dicha ToolBox en el sistema ArcMap (Figura 3), desde el cual puede activarse



Figura 3. ToolBox de riesgo de incendio instalada en la plataforma ArcMap.

El mapa resultante de riesgo de incendio (Figura 4A) muestra la sumatoria de todas las ponderaciones, lo cual, para fines prácticos, no permite ubicar o dimensionar aun áreas prioritarias. Debido a esto, el mapa debe ajustarse, para lo cual se deben establecer cierto número de clases en las que se agrupen los valores del mapa resultante. Para esto, se pueden especificar tantas clases bajo el criterio de intervalos iguales

como se consideren necesarias, aunque para fines operativos no es conveniente definir un número alto de clases. En general se sugiere trabajar con 5 o 3 clases, como se ilustra en la Figura 4B.

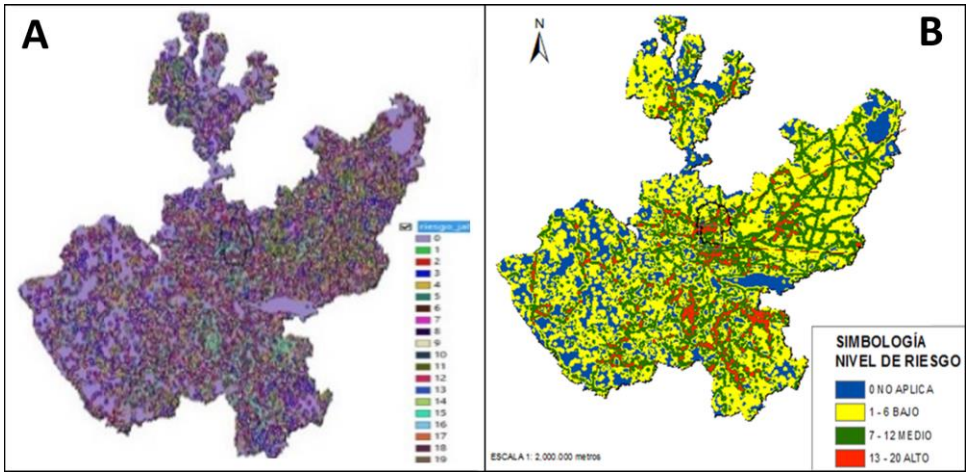


Figura 4. A) Mapa resultante del proceso semiautomatizado; B) Clasificación de la suma de ponderaciones.

Conclusiones

Aunque el proceso para determinar el valor de ponderación de cada variable de riesgo se puede generar directamente, procesando cada variable según su valor de ponderación, este es un proceso largo y complicado, por lo que se puede incurrir en errores. Más aún cuando este proceso se repita varias veces. De acuerdo con esto, la herramienta (ToolBox) de riesgo, que se generó en este trabajo, resulta ser práctica y de fácil uso, ya que puede implementarse a diferentes escalas, desde nivel nacional hasta regional, estatal o municipal, teniendo en cuenta que mientas menor sea la escala se deben de tener insumos e información de mayor resolución.

La información georreferenciada (cartografía) generada bajo esta metodología, puede ser usada para la toma de decisiones en la priorización de áreas de incendios forestales. El uso de esta información es un instrumento para generar estrategias de control y combate de dichas áreas, de tal forma que los recursos humanos destinados para labores de control y combate puedan ser dirigidos a las áreas afectadas. Por otra parte, para el uso de esta herramienta se debe considerar que la información insumo debe tenerse en el formato adecuado, según la variable en cuestión, tanto en formato shapefile, o formato raster. Así mismo, se debe tener un conocimiento básico del manejo de sistemas de información geográfica.

Referencias bibliográficas

CONAFOR. 2024. Cierre estadístico 2024, gerencia de manejo del fuego. Comisión Nacional Forestal En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/965295/Cierre_de_la_Temporada_2024.pdf

CONAFOR. 2010. Procedimiento para la elaboración de un Mapa de Áreas de Atención Prioritaria Contra Incendios Forestales. Comisión Nacional Forestal Gobierno Federal, México. (4).

Eydel, J.; Rainer, L.; Garea, E. 2011. Hacia métodos de análisis de datos espaciales raster en el nivel semántico. Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada, La Habana, Cuba. (97).

Morales A. 2025. Automatizar tareas: Model Builder o Python. CURSO 2025 MappingGIS, Disponible en: http://mappinggis.com/2015/06/model-builder-o-python/

SISTEMA INTEGRAL PARA EL CALCULO DE COMBUSTIBLES FORESTALES

Diana Yemilet Avila-Flores[1*], José German Flores-Garnica[2]
[1]Campo Experimental Saltillo, CIRNE-INIFAP, [2]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco CIRPAC-INIFAP
*Autora para correspondencia: avila.diana@inifap.gob.mx

Palabras clave: combustibles leñosos, combustibles vivíos, hojarasca.

Introducción

Los combustibles forestales constituyen uno de los factores más importantes para el manejo y control de los incendios forestales, ya que es el único factor que puede manipularse, (Barrio-Calderón *et al*., 2024). De esta forma, un plan de manejo integral del fuego requiere que constantemente sean implementadas estrategias de manejo de combustibles, sobre todo en aquellas áreas donde el fuego no tiene influencia positiva en los procesos ecosistémicos, o en áreas donde la carga de combustibles constituya un riesgo para la ocurrencia de incendios, que puedan alterar el régimen natural de incendios. Por lo anterior, es necesario caracterizar los combustibles (cantidad y calidad) y conocer su distribución espacial en los ecosistemas, con el propósito de definir estrategias de manejo de estos. Sin embargo, las estimaciones de las cargas de combustibles llegan a ser complicadas, lo que puede tender a la ocurrencia de errores. Debido a esto, se hace ineludible contar con procedimientos estandarizados para realizar el cálculo de las cargas de combustibles. En este contexto, el objetivo del presente documento es mostrar un sistema alternativo de estimación de combustibles forestales, a partir de levantamientos de campo, que sea práctico, rápido y de fácil aplicación. Este sistema se denomina Sistema Integral de Cálculo de Combustibles (SINCCO), diseñado con base en la plataforma Excel.

Materiales y Métodos

El sistema SINCCO se desarrolló en el ambiente de Excel y considera el cálculo de cargas de diferentes tipos de combustibles, tanto muertos, como vivos. El sistema utiliza datos obtenidos en campo con base a un conglomerado diseñado específicamente para tal fin (Figura 1).

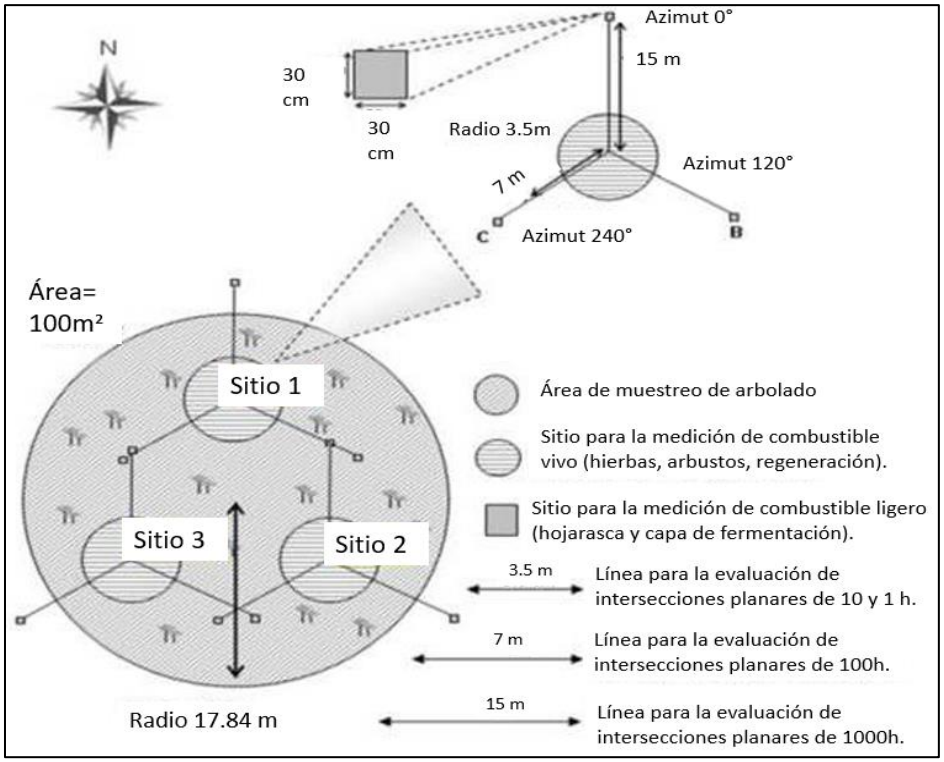


Figura 1. Diseño del conglomerado para la evaluación de combustibles forestales.

El sistema se encuentra fundamentado por tres grupos de ecuaciones: 1) Ecuaciones basadas en intersecciones planares (Brown *et al*., 1982); 2) Ecuaciones para la estimación de las cargas de combustibles ligeros (hojarasca y material en fermentación) (Zerecero y Sánchez, 1983); y 3) Ecuaciones alométricas para estimar la carga de combustibles vivos, donde la carga se asocia con una variable más fácil de medir (p.e. altura o diámetro). ***Intersecciones planares.*** En esta sección se evalúan los combustibles leñosos gruesos que se encuentran en el suelo forestal y se separan según su tiempo de retardo en 1, 10, 100 y 100 horas. El cálculo se estima mediante el conteo de intersecciones que estos hagan en relación a un plano imaginario, definido por líneas de transecto, tomando en cuenta la corrección por la pendiente y finalmente calculando la carga de combustibles de cada uno se los tipos de combustibles leñosos. Para los cálculos de cargas se usan las siguientes ecuaciones (Brown *et al*., 1982). ***Combustibles ligeros***. Se basa en las mediciones en campo y la colecta del material combustible, el cual se procesa en laboratorio en estufas de secado para obtener el peso seco. Con estos datos se interpola el peso seco de la muestra en un área determinada (en este caso, de 30 x 30 cm) y se obtiene el valor de las toneladas de peso seco por hectárea tanto de hojarasca como de material en fermentación (mantillo). ***Ecuaciones alométricas.*** En esta sección se considera el cálculo del peso seco de las plantas que corresponden al sotobosque (pastos, hierbas y arbustos). Utilizando ecuaciones alométricas que mejor se ajusten a la relación del peso seco de los individuos en relación a una variable fácil de medir en campo como son altura o diámetro de copa.

Resultados y discusión

Como resultado se desarrolló una interface gráfica, estructurada por 4 módulos (Figura 2): LIGEROS, GRUESOS, HOJARASCA y VIVOS.

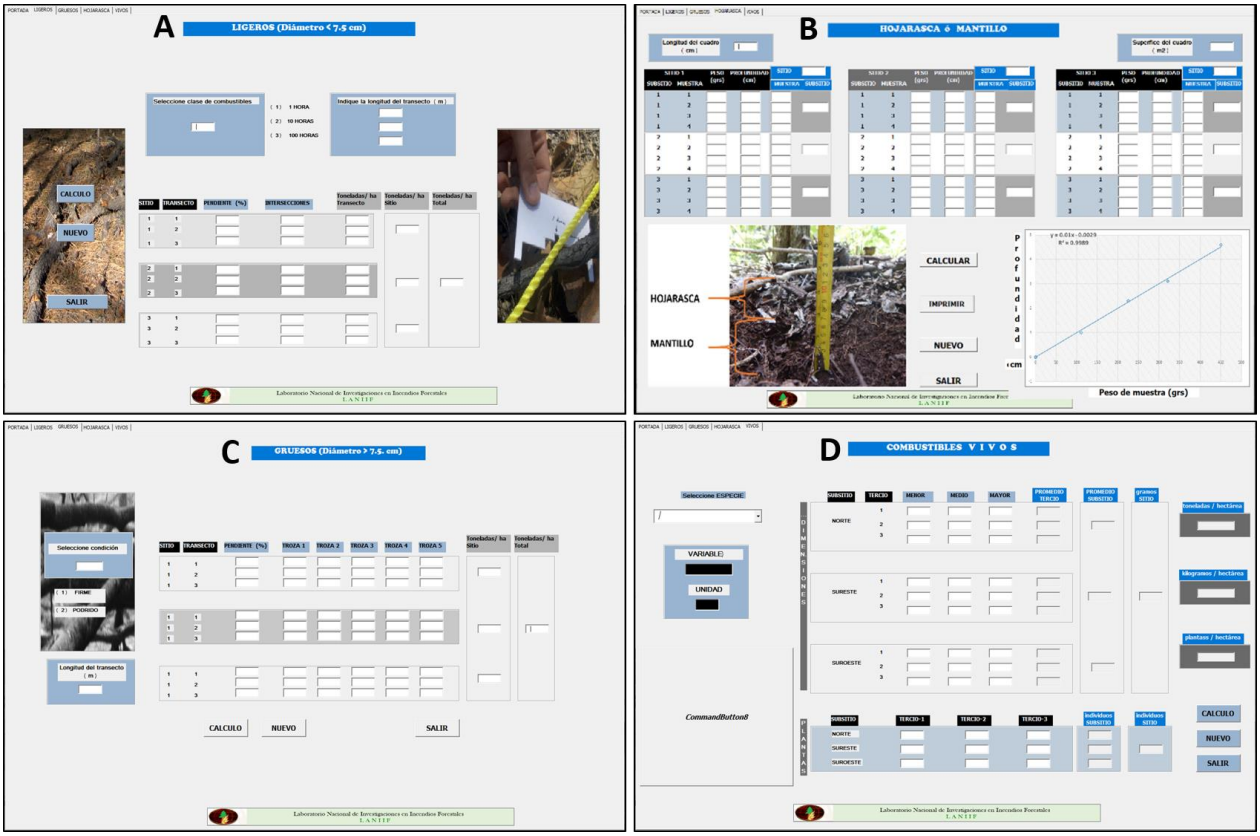


Figura 2. Módulos de combustibles, en la Interface del SINCCO: A) Ligeros (Diámetro < 7.5 cm); B) Ligeros (Hojarasca o mantillo); C) Gruesos (Diámetro > 7.5. cm); y D) Vivos.

Para seleccionar la clase de combustible que se desea calcular, la interface del sistema está estructurada en varias pestañas cada una correspondiente a una clase de combustible. En el caso de los ***combustibles***

ligeros se clasifican como de: a) 1 hora (diámetro de 0 a 0.6 cm); b) 10 horas (diámetro de 0.6 a 2.5 cm); y c) 100 horas (diámetro de 2.5 a 7.cm). Para el uso del sistema se debe especificar con cuál de estos tres combustibles se deberá hacer la estimación. También se debe especificar la longitud del transecto sobre el cual se está trabajando, para el tipo de combustible correspondiente. Así mismo, el sistema requiere que se capturen los datos de pendientes y el número de intersecciones planares. Para esto, el sistema agrupa los datos en tres sitios, cada uno con tres transectos, esto implica que se deben capturar 9 datos de pendiente y 9 datos de intersecciones. En los ***combustibles gruesos*** (diámetro mayor a 7.5 cm) se debe especificar primeramente si se trata de combustibles sólidos, o podridos. También se debe señalar la longitud del transecto sobre el cual se está trabajando y sus pendientes. Posteriormente agregar los diámetros de cada una de las trozas (mayores de 7.5 cm) que atraviesen la línea imaginaria que define el transecto. El sistema agrupa los datos en tres sitios, cada uno con tres transectos, esto implica que se deben capturar 9 datos de pendiente y los datos de los diámetros de las trozas que sean intersectadas. Para el cálculo de ***hojarasca ó mantillo*** se debe especificar la longitud del cuadro de muestra. Después se debe capturar el peso seco de las muestras y la profundidad de la capa de hojarasca (ó mantillo). El sistema agrupa los datos en tres sitios, cada uno con tres sub-sitios, que a su vez se dividen en 4 muestras. Esto implica que se pueden capturar hasta 32 datos tanto de hojarasca, o mantillo. Para los ***combustibles vivos*** (arbustos y hierbas) se debe especificar la especie con la que se quiere hacer el cálculo. Una vez seleccionada la especie, el sistema indica la variable (diámetro o altura), así como las unidades correspondientes a la captura de las dimensiones de las plantas (menor, medio y/o mayor), por subsitio (Norte, Sureste, Suroeste). También se captura el número de plantas que se tienen por cada uno de los tercios (Tercio-1, Tercio-2 y Tercio-3), por subsitio (Norte, Sureste, Suroeste). Una vez que se haya capturado estos datos, se debe dar click al botón de CÁLCULO para generar las estimaciones de cargas de combustibles, las cuales se presentan por sitio (promedio de los tres transectos correspondientes) y por conglomerado (promedio de tres sitios). Para volver a capturar un nuevo conglomerado, se deberá dar click en el botón NUEVO. Para terminar el proceso y salir del sistema se deberá dar click en el botón SALIR. En el caso de hojarasca (ó mantillo), el proceso de cálculo genera una gráfica de la relación entre el peso seco de las muestras y su profundidad, así como el modelo y el coeficiente de determinación correspondientes.

Conclusiones

Se tiene un sistema integrado donde se pueden hacer los cálculos de todos los tipos de combustibles medidos en campo. Este sistema facilita la evaluación de los datos, de manera automática, lo que lo hace práctico, ya que el usuario no requiere tener conocimiento amplio de fórmulas y metodologías de evaluación. Sin embargo, es importante señalar que los resultados de las estimaciones de combustibles ligeros, que se generan con este sistema, donde: a) se asume que las evaluaciones de campo se hicieron adecuadamente; b) se debe tener cuidado al capturar los datos, tratando de evitar errores en las cifras; c) se deben considerar las unidades en las que deben capturarse los datos. Así mismo, aunque se trató de desarrollar una interface lo más estable posible, es probable que pueda ocurrir un mal funcionamiento, por lo que se agradecerá cualquier observación para poder depurar el sistema al siguiente correo: flores.german@inifap.gob.mx. De igual forma, se puede enviar cualquier comentario sobre los procedimientos de cálculo que se usaron en el cálculo de las cargas de combustibles.

Referencias bibliográficas

Barrio-Calderón, R. de J., Flores-Garnica, J. G., Rodríguez-Morales, J. A., Torres-Velázquez, J. R. 2024. Variación altitudinal de cargas de combustibles forestales en un bosque de Pino-Encino fragmentado en el Volcán Tacaná, México. Ecosistemas, 33(2): 2648.

Brown, J. K., Oberheu, R. D.; Johnston, C. M. 1982. Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior West. USDA, Forest Service General Technical Report INT-129. 48 p.

Zerecero L., y G. Sánchez C., J. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca. Nota Divulgativa 9. CIFONOR-INF. 16 p.

CARACTERIZACIÓN DE COMBUSTIBLES FORESTALES EN EL BOSQUE TEMPLADO PARA EL MANEJO DE RESERVORIOS DE CARBONO

Jaqueline Xelhuantzi-Carmona[1*], Ernesto Alonso Rubio-Camacho[1], Álvaro Agustín Chávez-Duran[1]

[1]Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Biodiversidad 2470, Tepatitlán, Jal., 47714, México.

*Autor responsable: xelhuantzi.jaqueline@inifap.gob.mx

Palabras clave: biomasa; incendios; biodiversidad.

Introducción

Los bosques a nivel mundial presentan diferentes cargas de combustibles vivos y muertos, dependiendo del tipo de ecosistema forestal, topografía, regímenes de perturbación, estado de desarrollo, así como el manejo e intervención humana que reciben. En las últimas décadas, factores como el cambio climático (sequías, aumento de temperatura) y prácticas humanas (supresión de incendios, abandono de tierras, tala y fragmentación, entre otras) han modificado significativamente la disponibilidad de combustibles forestales, favoreciendo la aparición de plagas, enfermedades e incendios forestales catastróficos. Para determinar el impacto de los incendios forestales se necesita conocer el clima (tiempo atmosférico), la topografía y el material combustible, siendo este último el único que puede ser manipulado por el ser humano en el llamado triángulo del fuego (Chávez et al. 2016), además de ser el único elemento responsable de la propagación, intensidad y severidad del incendio. Los combustibles forestales se definen como toda biomasa que potencialmente puede arder al ser expuesta a una fuente de calor y se clasifican en vivos y muertos; los primeros están constituidos por hierbas, arbustos y árboles; mientras que los combustibles muertos, están compuestos por en material leñoso caído (troncos y ramas) y se clasifican de acuerdo a su tiempo de retardo (tiempo que tardan en perder la humedad y comenzar a arder) en 1,10,100 y 1000 horas, además de la capa orgánica del suelo (COS), la cual está constituida por el horizonte de fermentación (HF) y el horizonte de hojarasca (HO) (Morfin et al. 2012). Existen múltiples estudios sobre cargas de combustibles forestales a nivel internacional, pero en Chile la información es escasa, particularmente en bosques nativos. Los estudios existentes se enfocan en la estimación de biomasa con fines relacionados al ciclo del carbono o procesos biogeoquímicos. Por ejemplo, Carmona et al. (2002) reportaron una biomasa de 413 Mg ha^{-1} de residuos leñosos en bosques siempreverdes, mientras que Schlegel y Donoso (2008) encontraron diferencias según la composición del rodal, con mayor biomasa en rodales dominados por *Nothofagus*. Se ha demostrado que cambios en la carga de combustibles pueden alterar la propagación y severidad del fuego, afectando la estructura y composición vegetal, por lo que conocer la disponibilidad y tipo de combustibles permite estimar el riesgo de incendio: una alta presencia de combustibles ligeros incrementa el riesgo, mientras que los combustibles gruesos aumentan la peligrosidad del fuego, la distribución vertical influye en su propagación. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar y determinar el carbono almacenado en los combustibles forestales (CF) en los diferentes estados de desarrollo del bosque templado lluvioso en la reserva Llancahue, lo anterior permitirá cimentar las bases para diseñar estrategias de manejo de combustibles que favorezcan su reducción evitando así, incendios catastróficos que liberen a la atmósfera grandes cantidades de gases de efecto invernadero.

Material y Métodos

El trabajo se desarrolló en la Reserva de Llancahue, la cual tiene una superficie de 1.270 ha, y se ubica geográficamente entre los paralelos 39º 48’ y 39º 52’ latitud Sur y los meridianos 73º 11’ y 73º 07’ longitud Oeste, en la región de los Ríos, en la comuna de Valdivia, Chile. Su vegetación dominada por el bosque Siempreverde, especialmente bosques dominados por coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) y por bosques mixtos dominados por ulmo (*Eucryphia cordifolia* (Cav.) Molina), tepa (*Laureliopsis philippiana* (Looser) R. Schodde) y olivillo (*Aextoxicon punctatum* Ruiz y Pav.), también hay superficies de bosques degradados (Figura 1). En total se establecieron 36 parcelas circulares de 400 m^2 nueve por cada estado de desarrollo del bosque: bosque secundario mixto (BSM), bosque dominado por Coihue (BDN), bosque adulto (BA), y un bosque degradado dominado por *Chusquea quila* (BDQ). Estas parcelas se encuentran entre los 300 y 400 m s.n.m. sobre suelos profundos, rojos arcillosos (CIREN, 1999) y en pendientes <20%.

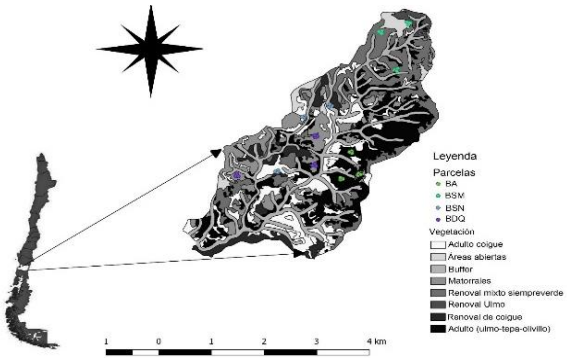


Figura 1.- Ubicación geográfica, cobertura y ubicación de las parcelas en la Reserva de Llancahue.

Una vez establecidas las parcelas se georreferenciaron con ayuda de un GPS y una brújula, posteriormente se orientaron cuerdas de 11,30 metros hacia los cuatro puntos cardinales (N-S y E-O), tomando como referencia el centro de cada parcela. Dentro de estas parcelas se procedió a evaluar el arbolado donde se registró la especie, estado vivo o muerto, el diámetro a 1.30 y altura total de todos los árboles que presentaron un Dap≥5 cm y 1,3 m de altura, con cinta diamétrica y el instrumento láser Vertex III, respectivamente. Posteriormente, la parcela se dividió por cuadrante y se establecieron tres subparcelas de 1 m^2 al centro del cuadrante 2, 3 y 4 donde se tomaron datos de diámetro, altura, cobertura y especie de la regeneración, estrato arbustivo y herbáceo, a continuación se cortó y peso cada uno de los componentes que se encontraron dentro de estas subparcelas y se colocaron en bolsas plásticas, así mismo se recolecto el material combustible ligero (ramas ≤7,5 cm de diámetro, la capa de hojarasca y fermentación) que se encontraba dentro de las subparcelas de 1m^2, posteriormente se llevaron al laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales (NDF) de la Universidad Austral de Chile, donde se clasificó este material de acuerdo a su tiempo de retardo en 1,10,100 y 1000 horas, posteriormente se pesó y seco en una estufa a 60 °C hasta alcanzar un peso constante. Para la estimación de biomasa arbórea (Mg ha^{-1}), primero se determinó la composición de especies de cada una de las parcelas evaluadas y se seleccionaron las funciones alométricas propuestas por Milla et al. (2013), considerando los siguientes parámetros: densidad (árboles $hectárea^{-1}$), Dap (cm), área basal (m^2 ha^{-1}) y las especies presentes en las parcelas de muestreo, finalmente se generaron las estimaciones a nivel de árbol (kg $árbol^{-1}$) y a nivel hectárea (Mg ha^{-1}) de todos los combustibles evaluados, los cuales fueron multiplicados por el factor propuesto por el IPCC (Panel Intergubernamental en Cambio Climático), quienes mencionan que aproximadamente el 0.5 del peso de la biomasa seca corresponde a carbono. Para el análisis estadístico los datos de campo se organizaron por estrato y estado de desarrollo del bosque con el fin de analizar la cantidad de combustibles, así como el contenido de carbono, por lo que se aplicó un modelo lineal generalizado bajo un enfoque de parcelas anidadas con medidas repetidas, en el que el estado de desarrollo del bosque se trató como efecto fijo y los estratos (árboles, sotobosque, combustibles gruesos y ligeros) como efectos aleatorios. El análisis se realizó utilizando el software R (R Development Core Team, 2011) y el paquete lme4 (Bates y Maechler, 2009), específicamente con funciones diseñadas para modelos mixtos.

Resultados y Discusión

La mayor carga de combustibles se observó en el BA con 682,5 Mg ha^{-1}, seguido por el BSN (641,4 Mg ha^{-1}) y el BSM (443,7 Mg ha^{-1}), en tanto que el BDQ fue el que menor carga de combustibles acumulo (235,9 Mg ha^{-1}). Así mismo se observó que el estrato arbóreo fue el que mayor carga aporta en los cuatro estados sucesionales con más del 70%, seguido por el material leñoso grueso (combustibles de 1000 horas firme y podrido). Para el caso del estrato arbóreo el bosque adulto (BA) fue el que mayor aporte de combustible vivo presentó con 593,8 Mg ha^{-1}, seguidas por el BSN con 482,7 Mg ha^{-1}, BSM con 329,1 Mg ha^{-1} y BDQ con 187,0 Mg ha^{-1}, se considera que esta variación está directamente relacionada con la densidad, diámetro y altura del estrato arbóreo. Si comparamos estos resultados con los reportados por Pilquinao (2013) para bosque secundario siempreverde (306±102 Mg ha^{-1}) y bosque adulto (868±229 Mg ha^{-1}), se observa cierta semejanza con el BSM, sin embargo, en el caso del BA, los valores reportados en este trabajo son

inferiores. Respecto al combustible de más de 1000 horas el BSN fue el que mayor carga de combustibles acumuló con un promedio de 104 Mg ha^{-1}, de los cuales el 81% corresponden a los combustibles de 1000 horas firme, lo que se asocia a la caída de árboles por viento, ya que esta es la perturbación más común en estos bosques, afectando de manera significativa la acumulación de material leñoso grueso. En el caso del BSM, se observó que los combustibles de 1000 horas podridos acumularon la mayor carga con 39,5 Mg ha^{-1}, debido a que estas áreas fueron sometidas a diferentes perturbaciones como incendios forestales (González et al., 2014), lo que provocó la presencia de combustibles de 1000 horas con mayor grado de degradación.

En el caso del carbono el BA acumuló la mayor cantidad de carbono, con 309.5 Mg C ha^{-1}, seguido por el BSN con 286.7 Mg C ha^{-1} y el BSM con 203 Mg C ha^{-1}. Como era de esperar, el BDQ presentó la menor cantidad de carbono, con 115.7 Mg C ha^{-1}. Sin embargo, en el estrato arbóreo si existe diferencia significativa (P <0,001) entre el BA y BSM, así como entre el BA y BDQ, siendo el BA el que mayor carbono acumuló en este componente con 265.7 Mg C ha^{-1}, seguidas por el BSN con 207.9 Mg C ha^{-1} y finalmente el BSM y BDQ fueron las que menor carbono acumularon. Para el caso del residuo leñoso grueso (RLG), no se observaron diferencias significativas entre los estados de desarrollo evaluados. En el caso del residuo leñoso ligero (RLL) con diámetros ≤2.6 cm, se observó que los BSM y BSN acumularon más carbono, seguidos por BDQ con 7.56 Mg C ha^{-1} y BA con 5.36 Mg C ha^{-1} es el estado de desarrollo que menos carbono almacenó. Sin embargo, los bosques secundarios (BSM y BSN) fueron estadísticamente diferentes a los otros estados de desarrollo (P <0.05) con una acumulación de 10 Mg C ha^{-1} en este componente, seguidas por BA con 6.97 Mg C ha^{-1}, siendo BDQ el estado en que menos carbono se acumula con 2.15 Mg C ha^{-1}.

Conclusiones

En cuanto a los combustibles por estrato se concluye que el dosel fue el componente con mayor aporte de combustibles, siendo el BA el que mayor aporte de combustible vivo acumulo, lo anterior debido a la presencia de individuos con diámetros y alturas mayores a las de los otros estados de desarrollo. Sin embargo, el BSM y BDQ fueron los que presentaron mayor estratificación (combustibles de escalera), por lo que se concluye que los estados de desarrollo menos avanzados tienen mayor riesgo a incendios de dosel, lo anterior debido a la presencia de individuos en las primeras clases de altura y diámetro, como en BSM y BDQ. En el caso de los combustibles ligeros se puede concluir que el estado de desarrollo (BMS) menos avanzado, favorece la acumulación de combustibles ligeros (mantillo, hojarasca, 1, 10 y 100 horas, debido al mayor roce de copas), así como una mayor acumulación de combustibles superficiales en el estrato arbustivo y herbáceo, lo que representa mayor potencial para propagar un fuego superficial.

El contenido de carbono fue variable y se incrementó conforme avanzó el estado de desarrollo, siendo BA el que mayor carbono acumuló. Por lo que se concluye que la acumulación de carbono está directamente relacionada con el grado de desarrollo del bosque, así como del grado de intervención o degradación del ecosistema. Por lo que se sugiere retrasar o evitar perturbaciones que degraden este tipo de ecosistemas y alteren la capacidad de almacén de carbono de estos bosques.

Referencias bibliográficas

Chávez Durán, Á. A., Xelhuantzi Carmona, J., Rubio Camacho, E. A., Villanueva Díaz, J., Flores López, H. E., & Mora Orozco, C. D. L. (2016). Caracterización de cargas de combustibles forestales para el manejo de reservorios de carbono y la contribución al cambio climático. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(SPE13), 2589-2600.

Carmona M, J Armesto, J Aravena, C Pérez. 2002. Coarse woody debris biomass in successional and primary temperate forests in Chiloé Island, Chile. Forest Ecology and Management (164): 265– 275.

Morfín, J. E., Jardel, E. J., Alvarado, E. C. & Michel, J. M. (2012). Caracterización y Cuantificación de Combustibles Forestales. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México: Editorial Universitaria.

Schlegel, B. C., & Donoso, P. J. (2008). Effects of forest type and stand structure on coarse woody debris in old-growth rainforests in the Valdivian Andes, south-central Chile. Forest Ecology and Management, 255(5–6), 1906–1914. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.12.013.

Milla, F., Emanuelli, P., Sartori, A., & Emanuelli, J. (2013). Compendio de funciones alométricas para la estimación de biomasa de especies forestales presentes en Chile: Elemento clave para la Estrategia Nacional de Bosques y Cambio Climático (ENBCC). Corporación Nacional Forestal, 556.

EFECTO DE INCENDIOS EN LA ESTRUCTURA DEL BOSQUE DE *Pinus greggii* var. *greggii* Engelm. EN LA SIERRA DE ARTEAGA, COAHUILA

Adin H. Velázquez-Pérez[1], José Villanueva-Diaz[2]*, José M. Iniguez[3], Julián Cerano-Paredes[2], Ricardo David Valdez-Cepeda[1].

[1]Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-Universidad Autónoma Chapingo, Carretera Gómez Palacio-Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 km 40, Durango. México. [2]Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, km.6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, CP 35140, Gómez Palacio, Durango. México. [3]USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2500 S. Pine Knoll Drive, Flagstaff, AZ. 86001, United States.

*Autor para correspondencia: villanueva.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: sucesión forestal, conos serótinos, desarrollo del rodal.

Introducción

Los bosques de *Pinus greggii* var. *greggii* se distribuyen en Coahuila y Nuevo León, en superficies pequeñas; son hábitat de flora y fauna, y funcionan como áreas de recargas de agua para la población humana. En estos bosques los incendios forestales afectan su estructura y función, como la pérdida de cobertura vegetal, captación de agua, pérdida de suelo, y el grado de afectación dependen de la frecuencia y severidad con que ocurren. La estructura, definida por sus diámetros, alturas, coberturas, densidad y edades, son el resultado de complejas interacciones entre la topografía, suelo, clima, y perturbaciones en las que se incluyen incendios, plagas, nevadas, y sequías (Berkey et al., 2021); además, los rodales con individuos jóvenes se han utilizado como evidencia para determinar de forma indirecta la ocurrencia y severidad de los incendios (Villanueva-Díaz & McPherson, 2002). Por otra parte, los conos serótinos de *Pinus greggii* indican que han coevolucionado con incendios naturales; sin embargo, la respuesta a los incendios no ha sido documentada en relación con la estructura de edades, clases diamétricas y la densidad, la cual es importante en los programas de conservación o restauración después de incendios. En este contexto, el objetivo del estudio es evaluar la estructura del bosque de *P. greggii*, definidas por su densidad, edades y diámetros, asociados con incendios recientes por causas naturales y provocados por el humano.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en dos sitios de la Sierra de Arteaga, Coahuila; 1) La Coyotera, Arteaga (25.438559° Norte y -100.649380° Oeste), en un rodal de 6 ha, una elevación de 2560 m con orientación Norte y pendiente media de 40%; 2) El milagro, Arteaga (25.373556° Norte y -100.729330° Oeste) en un rodal de 5 ha, una elevación de 2625 m con orientación Norte y una pendiente media de 60%. La temperatura máxima promedio anual es de 21.7 °C, la mínima de 5.8 °C, y la precipitación media anual es de 400 mm, con un máximo de 585 mm y un mínimo de 182 mm (CNA, 2024). El sitio La Coyotera, se incendió en abril de 2022 por causas naturales con severidad alta donde no sobrevivió ningún árbol, en este sitio se midieron árboles muertos. El sitio El Milagro, se incendió en abril del 2008 por causas humanas con severidad alta y moderada donde sobrevivieron algunos árboles, en este sitio se midieron árboles vivos. La evaluación se realizó en junio del 2024. Se establecieron tres parcelas de muestreo de forma circular de 1000 m^2 en cada rodal; en cada parcela se midió el diámetro normal (con cinta diamétrica®), diámetro de copa (con cinta métrica), y la altura de cada árbol (con Pistola Haga®). Además, se registró el número de brinzales (> 30 cm de altura y < 2.5 cm de DN) y plántulas (< 30 cm de altura) en una subparcela de 100 m^2. Además, se colectó tres núcleos de crecimiento por clase diamétrica para determinar la estructura de edades y analizar el proceso de sucesión del bosque de *P. greggii* y a su vez el inicio del desarrollo del bosque; los núcleos de crecimiento se procesaron con técnicas dendrocronológicas convencionales para determinar las edades. Los datos de campo se analizaron en Microsoft Excel con gráficas de barras y cálculo de densidad de individuos por hectárea de cada etapa de crecimiento.

Resultados y discusión

La densidad de árboles en el sitio La Coyotera fue de 290 ha (arbolado muerto) y en El Milagro de 323 árboles por ha. La densidad de brinzales en La Coyotera fue de 267 individuos por ha, y 133 individuos por ha en El Milagro. La densidad de plántulas en La Coyotera fue de 1000 individuos por ha y en El Milagro fue de cero (Cuadro 1). Las plántulas y brinzales en ambos sitios podrían asociarse con los incendios ocurridos en el año 2022 y 2008 para cada sitio debido a la apertura de los conos y liberación de las semillas por el calor del incendio.

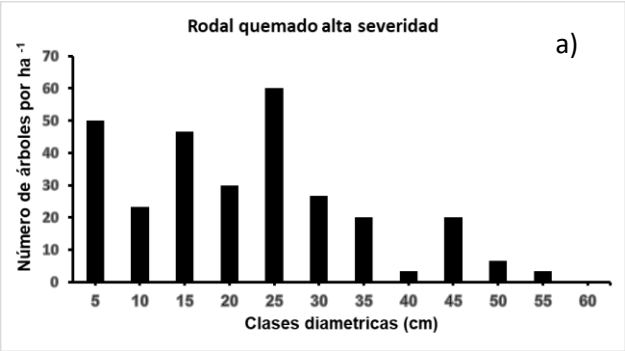
Cuadro 1. Densidad de individuos por hectárea de cada etapa de crecimiento del bosque por sitio

Sitio	Rodal	Árboles ha^{-1} (> 2.5 cm de DN*)	Brinzales ha-1 (> 30cm altura y < 2.5cm de DN)	Plántulas ha^{-1} (< 30 cm de altura)
La Coyotera	Incendio de copa	290[1]	267	1,000
El Milagro	Incendio de copa y superficial	323	133	0

*DN= Diámetro Normal. [1]Corresponde a árboles muertos.

Estructura de clases diamétricas y edades del sitio La Coyotera, Arteaga, Coahuila

La estructura de clases diamétricas indica la presencia de árboles desde 5 hasta 55 cm, la cual es evidencia de la estructura antes del incendio de copa de alta severidad; el mayor número de árboles se encontraron en clases de 5, 15 y 25 cm (Figura 1a). La figura 1b, indica que el inicio del desarrollo del rodal de *P. greggii* se dio desde la década de 1930, 1940, con mayor número en la década de 1950 y 1960, posiblemente asociado a incendio de la década de 1950. Sin embargo, el incendio del 2022 por causas naturales donde murieron todos los árboles y a la vez fue el inicio del proceso de sucesión forestal, incluso en el mismo año del incendio, después de las lluvias del verano. Los valores de brinzal y plántula son producto del muestreo de campo; se asume que los brinzales (> 30 cm de altura) son los que nacieron inmediatamente después del incendio, y las plántulas (< 30cm de altura) nacieron en 2023 o 2024.



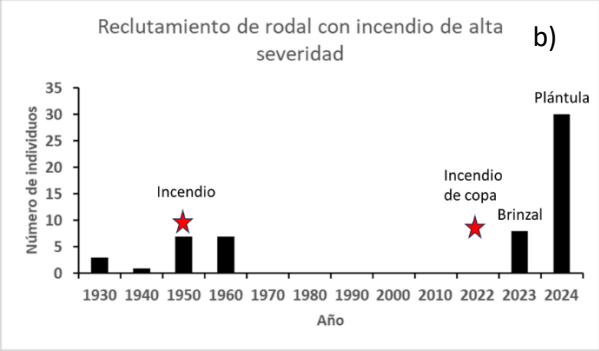


Figura 1a. Estructura de clases diamétricas de árboles que murieron con el incendio de alta severdidad. Figura 1b. Estructura de edades e incendios recientes en el sitio La Coyotera, Arteaga, Coahuila; el incendio de la década de 1950 fue determinado con técnicas dendrocronológicas.

Estructura de clases diamétricas y edades del Rancho El Milagro, Arteaga, Coahuila.

La variabilidad de árboles en las clases diamétricas va desde 5 hasta 40 cm, con mayor número en clases de 5, 10, 20 y 25 (Figura 1a), la cual indica un bosque saludable con alta proporción de individuos jóvenes. La figura 1b indica el inicio del desarrollo del rodal desde 1910-1950 en cantidades similares, el cual podría asociarse con condiciones de humedad e incendios superficiales de baja severidad. Sin embargo, los árboles que nacieron en la década de 1960 podrían asociarse con un incendio severo de 1950 y condiciones climáticas favorables; los árboles que nacieron en 1970 y 1980 podrían asociarse con

incendios y condiciones de humedad. Los núcleos de crecimiento no registraron edades después del incendio severo del 2008; sin embargo, los 133 brinzales por ha registrados en el muestreo pueden atribuirse al incendio; la baja cantidad de brinzales podría asociarse con la severidad del incendio, y la rápida dominancia del matorral asociado con años secos del 2009.

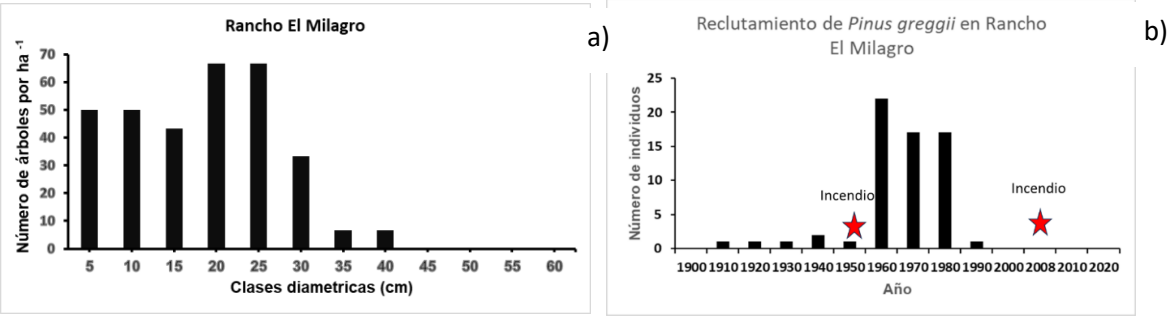


Figura 2a. Estructura de clases diamétricas. Figura 2b. Estructura de clases de edades del sitio El Milagro, Arteaga, Coahuila.

Los resultados obtenidos coinciden con lo documentado para *Pinus attenuata* (Fry et al., 2012), la cual es especie de conos serótinos que se establecen en densidades altas con edades uniformes después de incendios de alta severidad; aunque incendios frecuentes de alta severidad pueden afectar el reclutamiento.

Conclusiones

Los bosques de *P. greggii* en la sierra de Arteaga se distribuyen en orientación Norte y pendiente que van de 40-65%. El inicio del desarrollo del rodal se ve favorecido por incendios de alta severidad por causas naturales debido a la apertura de los conos por las altas temperaturas, a su vez con condiciones de humedad después del incendio que permiten la germinación y establecimiento de nuevos individuos; el desarrollo del rodal inicia en el mismo año del incendio, después de las lluvias. Sin embargo, incendios de alta severidad por causas humanas podría limitar el desarrollo del rodal, aun cuando la especie ha evolucionado con incendios severos, debido a la ocurrencia de incendios fuera del régimen natural al que está adaptada la especie.

Agradecimientos y fuente financiadora

Se agradece a PROFAUNA A. C por su apoyo en la ubicación de los sitios y la toma de datos en campo. A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de posgrado al primer autor y al apoyo a la infraestructura del Laboratorio de Dendrocronología del INIFAP para los análisis de estructura y datado de muestras.

Referencias bibliográficas

Berkey, J. K., Belote, R. T., Maher, C. T., & Larson, A. J. (2021). Structural diversity and development in active fire regime mixed-conifer forests. Forest Ecology and Management, 479, 118548. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118548

SMN-CNA (Servicio Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua). (2024). Información estadística climatológica. Disponible en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica.

Fry, D. L., Dawson, J., & Stephens, S. L. (2012). Age and structure of mature knobcone pine forestsin the Northern California coast range, USA. Fire Ecology, 8(1), 49-62. https://doi.org/10.4996/fireecology.0801049

Villanueva Díaz, J. y G.R. McPherson. (2002). Impacto del cambio de uso del suelo e incendios en la estructura de tres comunidades forestales. Ciencia Forestal 27 (91): 27-53.

IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DEL PATÓGENO ASOCIADO AL PARCHE GANGRENOSO EN HULE (*Hevea brasiliensis*) EN VERACRUZ, MÉXICO

Iris Marley Pérez-Gálvez[1], Elías Ortiz-Cervantes[2], Victoria Ayala-Escobar[1], Sergio Aranda-Ocampo[1], José Alfredo Carrillo-Salazar[1], Miguel Ángel Vallejo-Reyna[3]*

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, [2]Campo Experimental El Palmar, INIFAP, [3]CENID-COMEF, INIFAP.

*Autor para correspondencia: vallejo.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Hule, parche gangrenoso, ITS

Introducción

Hevea brasiliensis (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg., conocida como árbol de hule, es la principal fuente natural de látex a nivel mundial y constituye un cultivo estratégico para el desarrollo socioeconómico en las regiones del trópico húmedo de México, donde existen condiciones óptimas de suelo y clima para su cultivo. La producción nacional de hule se concentra en los estados de Veracruz, Chiapas, Tabasco, Oaxaca y Puebla, siendo Veracruz el principal productor, con 15,370 ha sembradas y una producción de 58,956 toneladas de látex.

A pesar de su importancia económica, el cultivo de hule enfrenta diversos desafíos fitosanitarios, entre los cuales, destacan las enfermedades de origen fúngico, capaces de ocasionar pérdidas significativas en la producción de látex y el desarrollo de los árboles (Jaimes y Rojas, 2011). Una de las enfermedades más agresivas es conocida como “parche gangrenoso” o “cancro de tallo”, cuyos síntomas incluyen hinchamientos en el tronco o cerca del panel de pica, seguidos de fisuras con exudado negro en el cambium. Originalmente, esta enfermedad fue atribuida al género *Phytophthora*, en particular a la especie *P. palmivora*, según los primeros estudios realizados en plantaciones de hule en Malasia.

Aunque el parche gangrenoso es una enfermedad relevante en regiones productoras del mundo, en México no existen estudios previos que identifiquen con certeza el agente causal. En Tezonapa, Veracruz, una de las principales zonas productoras de hule, se ha observado un aumento en la incidencia de síntomas compatibles con esta enfermedad, particularmente en plantaciones del clon GU-204, lo que pone en riesgo la producción local. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue identificar el agente causal asociado a los síntomas de cancro del tallo de *H. brasiliensis* cultivados en dicha región.

Materiales y métodos

Durante los años 2018 y 2019, se realizaron tres muestreos en plantaciones comerciales de *H. brasiliensis* en el municipio de Tezonapa, Veracruz. Se recolectaron muestras de troncos que presentaban síntomas característicos de parche gangrenoso. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Fitobacteriología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo donde se desinfectaron y sembraron en medios selectivos para *Phytophthora* spp., así como en medios generales como papa dextrosa agar (PDA) y V8-agar. Las colonias obtenidas fueron purificadas mediante la técnica de punta de hifa.

La identificación morfológica se realizó en cultivos monospóricos mediante preparaciones temporales y permanentes con glicerol al 30%, observadas con un microscopio compuesto (American Optical One Te). La determinación del género se basó en las claves de Barnett y Hunter (1999).

Para la identificación molecular se seleccionaron dos aislados representativos, con base en su frecuencia de aislamiento, características morfológicas y consistencia con la sintomatología observada. Estos aislados monospóricos fueron cultivados durante cinco días en medio PDA. La extracción de ADN se realizó por el método AP. Posteriormente, se amplificó la región ITS del ADN ribosomal utilizando los *primers* universales ITS5 (5´GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3´) e ITS4 (5´-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3´), que se alinean con las regiones conservadas de los genes 18S y 28S, respectivamente. Las reacciones de PCR se realizaron en un volumen de 25 µl, usando 2 µl de ADN a 50 ng/µl y 1 µl de cada uno de los *primers* a una concentración de 10 µM; amortiguador para PCR a concentración final de 0.5x; MgCl2 a 1.25 mM; dNTP´s a 0.2 mM y 0.1 U/µl de Taq DNA Polymerase (Promega). La amplificación se realizó en un

termociclador T100 (Biorad) con las siguientes condiciones: desnaturalización inicial a 94ºC por 3 min, seguida de 35 ciclos de 94°C por 30 s, alineamiento de 58°C por 30 s, extensión a 72°C por 1 min y 7 min a 72ºC para la extensión final y conservación a 4°C. Los productos amplificados se separaron por electroforesis en gel de agarosa al 1%. Los productos amplificados fueron enviados a Macrogen Inc. (Seul, Corea del Sur) para su secuenciación. Las secuencias obtenidas fueron editadas y ensambladas en el programa BioEdit v7.0.5.3 y se compararon mediante BLAST (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi) para su identificación.

Resultados y discusión

Los síntomas observados incluyeron agrietamientos en la corteza del tronco con exudados de látex amarillento, afectando el cambium vascular y zonas cercanas al panel de pica (Figura 1a). Estos síntomas coinciden con los reportados Rangel *et al*. (2014) y Tri *et al*., (2019), quienes describen que las lesiones se extienden desde la corteza hasta el cambium.

Se obtuvieron 52 cepas puras a partir de los tejidos afectados. El 70% de los aislados mostraron micelio aéreo abundante y algodonoso de color blanco, que se tornó gris a los 7 días y negro a los 10 días posteriores a la siembra, con formación de picnidios a los 21 días (Figura 1b). Los conidios observados fueron hialinos, subovoides a elipsoidales, con ápices ampliamente redondeados, de paredes gruesas; los conidios maduros presentaron estrías longitudinales (Figura 1c). Estas características coinciden con la descripción de *L. theobromae* por Phillips *et al*., (2013).

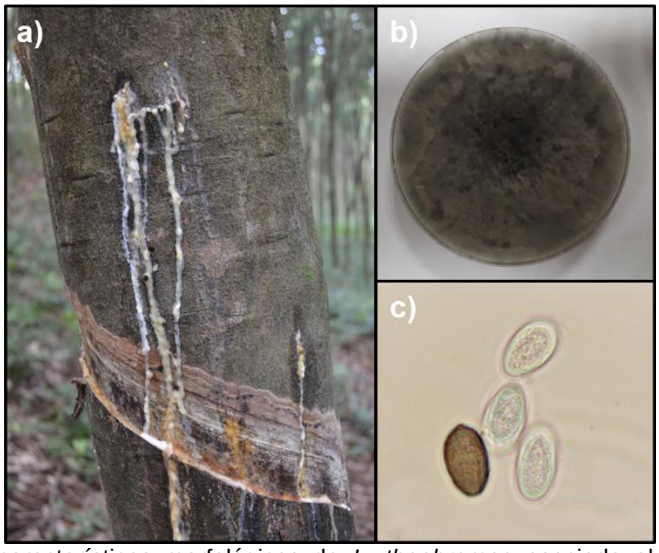


Figura1. Sintomatología y características morfológicas de *L. theobromae* asociada al parche gangrenoso en *H. brasiliensis*. a) Exudación de látex y agrietamientos de corteza de clon GU-204; b) Colonia de *L. theobromae* en medio de cultivo PDA; c) Conidios maduros y en desarrollo observados al microscopio óptico (40X).

La amplificación de la región ITS con *primers* universales generó amplicones de entre 530 y 550 pb. Las secuencias obtenidas de ambos aislados mostraron identidades del 99.58% con *Lasiodiplodia theobromae*, correspondientes a los números de acceso GenBank MT103324.1 y KF924398.1, respectivamente, lo que confirma su identidad con alta similitud genética.

Aunque otros autores, atribuyen esta enfermedad a *P. palmivora*, en este estudio no se logró asilar dicho patógeno, pese al uso de medios selectivos. Tri *et al*., (2019) en Indonesia y Rangel *et al*. (2014) en Venezuela también identificaron a *L. theobromae* como agente causal del cancro del tallo en caucho, reforzando los hallazgos del presente estudio.

Conclusión

Los resultados obtenidos indican que *Lasiodiplodia theobromae* está consistentemente asociada al parche gangrenoso en plantaciones comerciales del clon GU-204 en Tezonapa, Veracruz. Las evidencias morfológicas y moleculares respaldan su implicación como agente causal.

Se recomienda realizar estudios adicionales que incluyan pruebas de patogenicidad y análisis multigénicos, con el fin de confirmar su etiología y descartar la participación de otros patógenos. Actualmente, se encuentran en desarrollo análisis con los marcadores TEF1-α y β-tubulina para complementar la caracterización molecular.

La identificación precisa del agente causal es esencial para diseñar estrategias eficaces de manejo fitosanitario y mitigar el impacto económico de esta enfermedad en zonas clave de producción de hule en México.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero. Al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo por las facilidades brindadas para el desarrollo de esta investigación, Al CENID-COMEF y al Campo Experimental El Palmar del INIFAP por el apoyo económico, logístico y el uso de sus instalaciones e insumos.

Referencias bibliográficas

Barnett, H. L. and Hunter B. B., 1999. Illustrated genera of imperfect fungi. The American Phytopathological Society Press. USA. 218p

Phillips A.J.L., Alves A., Abdollahzadeh J., Slippers B., Wingfield M.J., Groenewald J, and Zand Crous P.W 2013. The *Botryosphaeriaceae*: genera and species known from culture. Studies in Mycology 76: 51-167

Rangel R., Holmquist O., Bracamonte L., Pietrantonio P., Cadenas A., y Diaz J. 2014. *Lasiodiplodia theobromae*, Agente causal del chancro del tronco en plantaciones de caucho en Amazonas, Venezuela. Rev. For. Venez. Vol. 58: 27-40

Tri R. F., Suryo W., Sudirman Y. and W. 2019. *Lasiodiplodia theobromae* Fungus Causing Stem Canker Disease on Rubber Tree (*Hevea brasiliensis*) in Indonesia. Journal of Agronomy, 18: 41-48.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ÁREAS AFECTADAS POR FUEGO Y SU IMPACTO SOBRE LA COBERTURA VEGETAL, ANALISIS MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN

Álvaro Agustín Chávez-Durán[1]*, Ernesto Alonso Rubio-Camacho[1], Jaqueline Xelhuantzi-Carmona[1] y Norberto Bautista-Andalón[2].

[1] Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Av. Biodiversidad 2470, Tepatitlán de Morelos 47600, Jalisco, México.[2] Organismos Público Descentralizado Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila. Portal Hidalgo 36A, Tecolotlán 48540, Jalisco, México.

* Autor para correspondencia: chavez.alvaro@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fuego, área quemada, severidad.

Introducción

La estimación de la distribución espacial rápida y precisa de las áreas afectadas por incendios forestales, es de gran importancia para la toma de decisiones. Usualmente los manejadores forestales se enfrentan a la necesidad de realizar evaluaciones respecto a los impactos ambientales, estrategias de monitoreo y planificación de actividades de restauración de las áreas quemadas (Filipponi, 2018). Si bien estas son actividades complejas, la identificación de áreas quemadas mediante técnicas de teledetección, es un campo de investigación en continuo desarrollo. En las últimas décadas, se han utilizado diversos sensores montados en satélites para esta actividad, alcanzando una gran variedad de resoluciones espaciales, espectrales y temporales. Actualmente los más utilizados son la misión Landsat, desarrollada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA). Así como la misión Sentinel, perteneciente al programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA).

En marzo del año 2025, se presentó un incendio forestal en el Área Natural Protegida “Sierra de Quila”, en un paraje conocido como el Columpio (SEMADET, 2025). La ayuda de diversas instituciones permitió la adecuada atención y extinción del incendio, no obstante, las estimaciones iniciales del área quemada alcanzaron superficies superiores a 800 ha. Esta situación propició el establecimiento de una comisión inter-institucional de evaluación y seguimiento de las afectaciones causadas por el incendio, siendo el diagnóstico de las zonas quemadas, una de las actividades de especial importancia. Por tal razón, el propósito del presente trabajo es estimar la distribución espacial de las áreas afectadas por el incendio forestal del paraje el Columpio, evaluar sus niveles de severidad y su impacto sobre la fracción de cobertura vegetal haciendo uso de técnicas de teledetección y verificaciones de campo. Los resultados alcanzados por el presente trabajo, ayudaran a los manejadores forestales, académicos e investigadores, a agilizar los procesos de la toma de decisiones respecto a las estrategias de monitoreo y planificación de actividades en las áreas quemadas.

Materiales y métodos

Zona de estudio: El estudio se realizó en el Área Natural Protegida “Sierra de Quila”, localizada en la región centro-occidente de México, en el Estado de Jalisco. “Sierra de Quila” presenta una riqueza considerable de flora y fauna, manteniendo procesos ecológicos importantes sobre una superficie de 15,192.50 ha. La vegetación esta principalmente compuesta por bosque templado de pinos y encinos, con un régimen potencial de incendios caracterizado por incendios frecuentes de baja severidad. No obstante, ha sido escenario de incendios devastadores resultando incluso en la pérdida de combatientes forestales.

Adquisición de datos: Para el análisis de las características topográficas, se utilizó el Modelo de Elevación Digital (MDE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2013). Así mismo, para los análisis multiespectrales, se utilizaron datos de la misión Copernicus Sentinel-2, de la Agencia Espacial Europea. Las escenas seleccionadas fueron Nivel-2A, utilizando datos previos al incendio correspondientes a la fecha del 12 de marzo del 2025, mientras que la escena posterior al incendio correspondió a la fecha 22 de marzo del 2025.

Análisis de datos: La pendiente del terreno es considerada una variable importante para la propagación del fuego, por lo tanto, fue calculada haciendo uso del MDE. Por otra parte, la estimación de áreas quemadas se realizó a través del índice (NBR) el cual, utiliza para su cálculo datos del espectro electromagnético del infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta (SWIR). Usualmente la vegetación sana muestra valores de reflectancia altos en longitudes de onda del NIR y bajos en SWIR. Esto contrasta con la respuesta espectral de zonas afectadas por el fuego en donde los valores altos correspondan al SWIR y los bajos al NIR. Para aprovechar la magnitud de la diferencia espectral, el índice NBR utiliza la relación de las bandas NIR y SWIR de acuerdo a la ecuación $NBR = (NIR - SWIR)/(NIR + SWIR)$.

La diferencia entre los valores NBR previo al incendio y NBR posterior al incendio, es utilizado para calcular el ΔNBR, que posteriormente es utilizado para calcular el área quemada y severidad del incendio. Valores altos de ΔNBR indican mayor severidad, mientras que los valores bajos corresponden a menor severidad. En el Cuadro 1 se describen los valores ΔNBR usualmente utilizados como umbrales de severidad en bosques templados de México.

Cuadro 1. Umbrales de severidad ΔNBR para bosques templados de México. Adaptado de Briones-Herrera *et al*. (2023).

ΔNBR	Severidad
< 0.121	Muy baja / Nula
0.121 - 0.262	Baja
0.262 - 0.476	Media
0.476 - 0.689	Alta
> 0.698	Extrema

La pendiente del terreno es considerada una variable importante en la propagación del fuego, mientras que la fracción de cobertura vegetal (FCover), que corresponde a la proporción del suelo cubierta por vegetación, es considerada como indicador importante de cambios en los ecosistemas. Por lo tanto, ambas variables fueron calculadas para el presente estudio. La pendiente fue calculada utilizando el MDE y el FCover se estimó utilizando los datos espectrales Sentinel-2, haciendo uso del procesador de datos biofísicos de la plataforma Sentinel Application Platform (SNAP). De la misma forma, los índices NBR, ΔNBR y pendientes del terreno, fueron calculados haciendo uso del SNAP.

Las diferencias referentes a pendiente y FCover respecto a los niveles de severidad, fueron calculadas mediante la prueba no paramétrica Kruskal – Wallis, ya que las variables no cumplen el criterio de distribución normal y homogeneidad de varianzas, de acuerdo a las pruebas Anderson – Darling y Levene. Los análisis estadísticos se realizaron haciendo uso de las librerías disponibles en R-project 4.5. Finalmente, se realizaron recorridos de campo para verificar la veracidad de las estimaciones realizadas mediante los sensores remotos.

Resultados y discusión

Las estimaciones alcanzaron un total de superficie quemada de 524.96 ha de las cuales, 78.73% fueron identificadas como superficies con severidad baja, 17.11% severidad media y 4.15% severidad alta (Cuadro 2). Los niveles de severidad presentaron diferencias significativas respecto al porcentaje de pendiente del terreno, de acuerdo a la prueba Kruskal–Wallis: $H(2) = 842.56$, $p < 0.05$. Así mismo, la reducción en fracción de cobertura vegetal presentó diferencias significativas: $H(2) = 6024.2$, $p < 0.05$. Los recorridos de campo en la zona de estudio, confirmaron la veracidad de las estimaciones.

Cuadro 2. Superficie afectada por incendio, porcentaje de pendiente y reducción en la fracción de cobertura vegetal (dFcov) de acuerdo al nivel de severidad.

Severidad	Superficie ha	Pendiente %	dFcov %
Baja	413.32	26.61	53.54
Media	89.84	17.45	77.58
Alta	21.8	19.00	88.61

El nivel de severidad bajo cubrió el mayor porcentaje del área quemada. Las zonas con este nivel de severidad, presentaron los valores más bajos de fracción de cobertura vegetal inicial y fueron identificados los niveles más altos de pendiente. La baja afectación del fuego sobre esta superficie puede deberse a que, en combinación con las características climáticas, los altos niveles de pendiente suelen promover que el fuego se propague rápidamente, especialmente sobre los combustibles ligeros, ocasionando baja intensidad calórica. Esto se corresponde con el régimen potencial de incendios de la zona de estudio, representado por incendios frecuentes de baja severidad.

El nivel de severidad medio cubrió una superficie de 89.84 ha, y presentó una reducción considerable en la fracción de cobertura vegetal. No obstante, las verificaciones de campo mostraron la presencia de renuevos, aún previo al inicio del temporal de lluvias. Esto puede deberse a la presencia de semillas que, una vez pasado el fuego y eliminada gran parte del material combustible depositado sobre la superficie, éstas lograron llegar al suelo. Así mismo, la reducción de cobertura vegetal ha permitido el acceso a la luz solar, fomentando la regeneración natural de la vegetación en la zona.

El nivel de severidad alto cubrió una superficie muy pequeña de área quemada. Las zonas con este nivel de severidad, presentaron los mayores valores de fracción de cobertura vegetal inicial y la más alta reducción de la misma. Así mismo, los niveles de pendiente sobre los que se propagó el fuego, fueron inferiores al 20%. La alta afectación del fuego sobre esta superficie puede deberse a que, usualmente una mayor fracción de cobertura vegetal suele corresponder a una mayor carga de combustibles depositadas sobre la superficie que, en conjunto con pendientes poco pronunciadas y condiciones ambientales favorables para la presencia del fuego, pueden alcanzar niveles altos de intensidad calórica, ocasionando afectaciones considerables. No obstante, al igual que en los niveles de severidad media, las verificaciones de campo mostraron la presencia temprana de renuevos, aún previo al inicio del temporal de lluvias.

Conclusiones

Se realizó la estimación de la distribución espacial de las áreas afectadas un incendio forestal en Área Natural Protegida “Sierra de Quila”. Así mismo, fueron evaluados los niveles de severidad del incendio y el impacto del fuego sobre la fracción de cobertura vegetal. Lo anterior se realizó mediante el uso de sensores remotos, técnicas de teledetección y verificaciones de campo. La superficie quemada alcanzada en el presente estudio, fue inferior a las estimaciones iniciales que dieron origen al establecimiento de la comisión inter-institucional de evaluación y seguimiento del incendio. De igual forma, el mayor porcentaje del área quemada presenta nivel de severidad bajo, mientras que solo una pequeña porción alcanzó niveles de severidad altos. Por lo tanto, es conveniente permitir el paso del primer temporal de lluvias para evaluar la capacidad de regeneración natural del bosque, antes de programar acciones de restauración. No obstante, no está por demás considerar acciones de conservación de suelo en zonas estratégicas. Si bien los recorridos de campo fueron de ayuda para verificar las estimaciones realizadas mediante teledetección, es conveniente en trabajos futuros, implementar técnicas cuantitativas de campo como el índice de quema compuesto.

Referencias bibliográficas

Briones-Herrera C.I., Silva-Cardoza A.I., Vega-Nieva D.J. y Briseño-Reyes J. (2023). Manual de usuario de las herramientas de mapeo de área quemada y severidad de incendios forestales a partir de imágenes Sentinel Versión 1.3. Universidad Juárez del Estado de Durango. Disponible en línea en: “https://forestales.ujed.mx/incendios2/”.

Filipponi, F. (2018). BAIS2: Burned area index for Sentinel-2. Proceedings 2(7), 364. DOI: https://doi.org/10.3390/ecrs-2-05177.

Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco (SEMADET). (2025). Realizan cierre temporal de ingresos al Área Natural Protegida Sierra de Quila por incendio forestal. Disponible en línea en: “https://semadet.jalisco.gob.mx/prensa/noticias/realizan-cierre-temporal-de-ingresos-al-area-natu-3766”.

SISTEMA DE CAPTURA Y EVALUACIÓN DE RESTAURACIÓN DE REGENERACION

José German Flores-Garnica[1*] Diana Yemilet Avila-Flores[2],

[1]Campo Experimental Centro Altos, CIRPAC-INIFAP, [2]Campo Experimental Saltillo, CIRNE- INIFAP

*Autor para correspondencia: flores.german@inifap.gob.mx

Palabras clave: Dasometría, índices de diversidad, severidad de incendios forestales.

Introducción

Después de un incendio forestal, se debe decidir si el ecosistema tendrá la capacidad de recuperarse, o si es necesario implementar estrategias de restauración asistida. Esto se puede determinar a través del monitoreo de la respuesta de los ecosistemas a la incidencia del fuego. Esto implica obtener datos de sitios permanentes de evaluación, en donde se consideren diferentes aspectos del ecosistema, como el arbolado y los combustibles, pero sobre todo la regeneración de las especies arbóreas, la cual soportara la continuidad del ecosistema forestal (Juan *et al*., 2023). Una vez que se cuenta con los datos de campo, el técnico se enfrenta a la dificultad de procesarlos para generar información que le permita tomar decisiones, lo cual podría solventarse con el uso de alguna tecnología para este fin. Sin embargo, en México existen pocas alternativas tecnológicas que orienten a la evaluación de los datos de sitios permanentes. Aunque existe abundante literatura sobre análisis de la vegetación forestal, en cuanto a biodiversidad, abundancia, riqueza, dominancia etc., es necesario contar con un sistema estandarizado, que genere información que pueda ser comparable y compatible. De esta forma, se ayudará a interpretar la capacidad de resiliencia de ecosistemas forestales impactados por incendios, y con esto crear un soporte para la toma de decisiones en cuanto a la implementación de estrategias de restauración. De acuerdo con esto, el objetivo de este trabajo fue crear un sistema como opción de captura de datos de campo que sea sencillo y ordenado, el cual a su vez genere información sobre parámetros indicadores de la restauración (regeneración). Esto se logró mediante el desarrollo del sistema de captura y evaluación de restauración de regeneración (regeneración de 30 cm a 1 m de altura) (SICER), el cual se basa en datos de campo obtenidos a través de sitios permanentes de evaluación de la restauración (SIPER). La información resultante se genera del análisis comparativo entre varias condiciones de severidad de incendios forestales: a) Baja; b) Media; c) Alta; y d) No quemado. Estos análisis se enfocan a aspectos dasométricos, estado de la regeneración, abundancia, dominancia, índice de valor de importancia, riqueza y diversidad. Para facilitar el uso del SICER, este se basa en: a) Presentar un proceso de captura sencillo y ágil, con una estructura similar a los formatos de toma de datos en campo; b) Terminada la captura, el sistema realiza un análisis automatizado de los datos, generando información que permite comparar la respuesta de la regeneración, entre las severidades del incendio; y c) Se crea un documento de salida, donde se integra toda la información generada en los análisis, así como una breve descripción de los análisis con la respectiva interpretación de los resultados.

Materiales y Métodos

El sistema está diseñado en la plataforma de Excel, debido a que es muy conocida y de fácil acceso, permitiendo capturar los datos de una manera sencilla, ya que se usa una estructura similar al patrón del formato de campo (SIPER [Figura 1]). Una vez que se capturan los datos, estos son analizados a través de una serie de tablas dinámicas y macros, con los que se crearon comandos para implementar las fórmulas matemáticas de los siguientes parámetros: ***Datos dasométricos***. Ubicación de los sitios permanentes (SIPER´s), promedio de datos dasométricos (Altura, Diámetro), Estado (Vigor, Daño, Regeneración); ***Datos de presencia de la vegetación.*** Abundancia (Abundancia absoluta, Abundancia relativa), Dominancia (Dominancia absoluta,

Dominancia relativa), Riqueza (Número de especies), Índice de valor de importancia (IVI) (Alanís *et al.,* 2020); ***Diversidad Alfa y Gama****.* La diversidad alfa se calcula para cada condición de severidad por separado (alta, media, baja y no quemado). Mientras que la diversidad gama se calcula tomando en cuenta todos los individuos del arbolado de la región, sin separar las condiciones de severidad aplicando los siguientes índices (Juan *et al*., 2023; Simpson, 1949; Shannon, 1948): Índice de Margaleff ($\boldsymbol{D_{MG}}$), Índice de Simpson (*D*), Índice de Shannon-Weiner (*H´*), Índice de Pielou (*J'*), Índice de Hill (^{1}D); Índice Menhinick $\boldsymbol{D_{Mn}}$. ***Diversidad beta****.* Compara la similitud, o disimilitud, entre la diversidad de especies en las cuatro diferentes severidades de afectación de incendios. Los resultados se presentan en tablas, donde se muestran comparaciones entre pares de condiciones mediante la aplicación de los siguientes índices (Juan *et al*., 2023; Halffter *et al*., 2005): Índice de Sorensen ($\boldsymbol{I_S}$), Índice de Jaccard ($\boldsymbol{I_J}$), Índice de Sorensen con datos cuantitativos e *Índice de Morisita- Horn* $\boldsymbol{I_{M-H}}$.

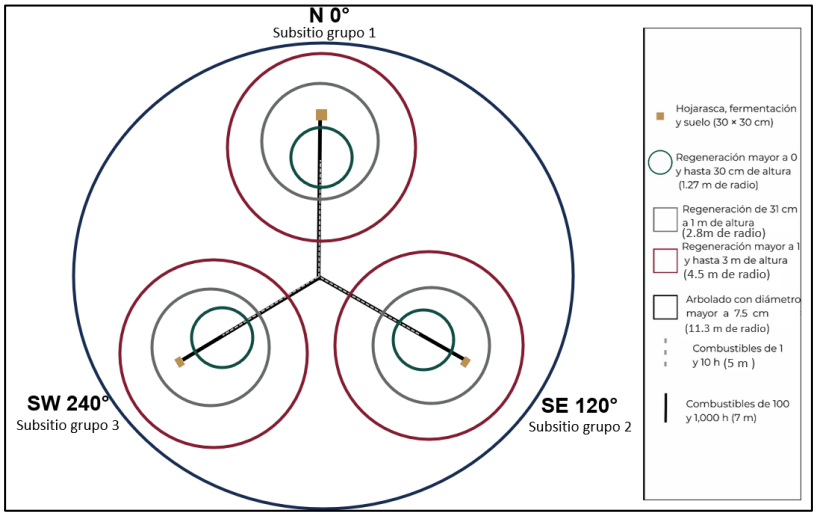


Figura 1. Sitio Peramente de Evaluación de Restauración (SIPER).

Resultados y discusión

Se desarrolló un sistema de captura de datos de sitios permanentes (SIPER), para su evaluación y análisis, enfocado en la regeneración de 30 cm a 1 m de altura (SICER). El sistema cuenta con tres secciones: **A**) ***Captura de datos***: El sistema considera que se tienen 4 severidades y 3 repeticiones por severidad, lo que resulta en que se capturan datos de 12 SIPERs. *Datos generales*: sección para capturar los datos de ubicación del SIPER, coordenadas, condición de afectación por el fuego, tipo de vegetación etc.; *Datos de regeneración:* individuos de regeneración de 31 cm a 1 m de altura: nombre científico y todas sus variables dasométricas. **B**) ***Base de datos***: Se generan dos bases de datos donde se integra la información capturada, en la cual se puede revisar y depurar los datos de captura; y **C**) ***Terminación:*** Una vez capturados los datos de todos los SIPERs, estos procesan para generar estadísticas y resultados sobre los parámetros dasométricos, de presencia y de diversidad. Finalmente, esta información se archiva en un documento en formato PDF, que da una breve descripción del SICER y una serie de cuadros y graficas que muestra los siguientes resultados del análisis: Ubicación de los SIPER´s, Datos dasométricos (Altura, Diámetro), Estado (Vigor, Daño, Regeneración), Abundancia (Abundancia absoluta, Abundancia relativa), Dominancia (Dominancia absoluta, Dominancia relativa), Índice de valor de importancia (IVI), Riqueza (Número de especies), Diversidad Alfa

(Índice de Simpson (D), Índice de Margaleff (DMg), Índice de Menhinick (Db), Índice de Shannon-Weiner (H), Índice de Pielou (E), Índice de Hill), Diversidad Beta (Índice de Sorensen (Is), Índice de Jaccard (IJ), Coef. Similitud de Sorensen (Is c), Índice de Morisita-Horn (IM-H)) y Diversidad Gamma.

Para ejemplificar el funcionamiento del sistema y la presentación de los datos se muestra un análisis preliminar correspondiente al ANPFF La primavera (Figura 2), en donde se registró la regeneración de pino y encino. Los resultados, del análisis del sistema, muestran que para el parámetro de altura los mayores individuos (promedio 95 cm) se encuentran en la severidad moderada, mientras que los más pequeños (promedio 36.2 cm) están en las áreas no quemadas. En cuando a la diversidad, esta se ejemplifica con el Índice de Menhinick, el cual se refiere a la relación entre el número de especies encontradas y el total de individuos. Con base a esto, se determinó la mayor diversidad en el área con severidad del fuego moderada.

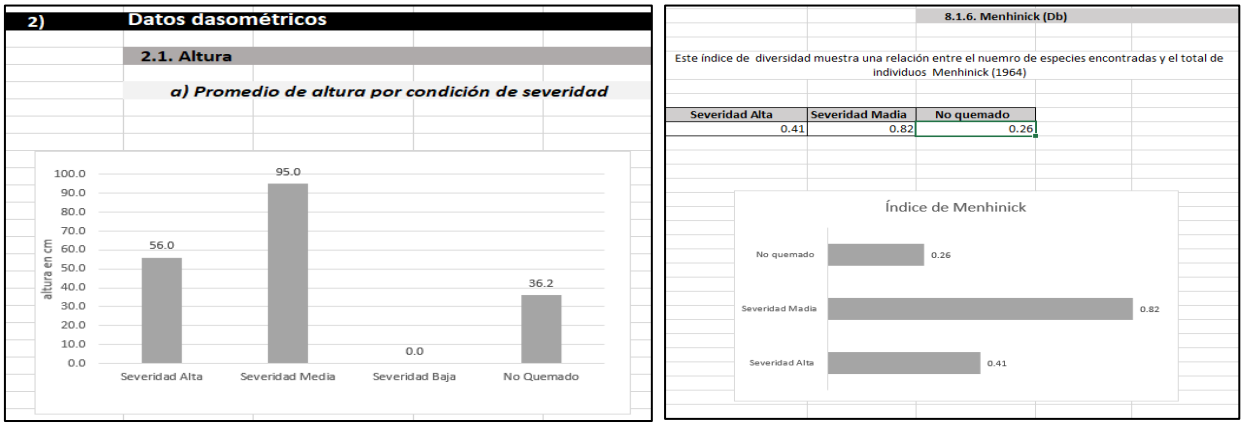


Figura 2. Ejemplo de resultados del análisis del sistema de captura y evaluación de restauración (SICER).

Conclusiones

El SICER apoya a generar información que permitirá a los técnicos tomadores de decisiones a decidir sobre las estrategias que se deben seguir para la restauración de ecosistemas forestales impactados por incendios. Para esto, el sistema permite: a) conocer el impacto de la ocurrencia de incendios sobre la regeneración de arbolado; b) decidir si el ecosistema mantiene su resiliencia; y c) identificar condiciones que indiquen la necesidad de restauración asistida. Esto ayudará a dirigir los recursos disponibles a áreas prioritarias.

Referencias bibliográficas

Alanís Rodríguez E., Mora Olivo A., Marroquín de la Fuente J.S. (2020) Muestreo ecológico de la vegetación. Universidad Autónoma de Nuevo León. 247 p.

Juan B., I. B., Martínez G., C., Jardel P., E. J. (2023). Efecto de la severidad de incendio en la estructura y regeneración del bosque tropical de pino-implicaciones para su restauración. Botanical Sciences, 102 (2): 346-368.

Halffter, G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds.) (2005). Sobre Diversidad Biológica: El significado de las Diversidades alfa, beta y gamma. m3m-Monografías 3ercer Milenio, vol. 4. SEA, CONABIO, Grupo DIVERSITAS & CONACYT, Zaragoza. IV + 242 p.

Shannon, C. (1948). The mathematical theory of communication. En: C. E. Sahnnon; W. Weaver (Ed). Univ. of Illinois. Press. Pp. 134-154.

Simpson, E. (1949). Measurement of diversity. Nature, 163: 688 p.

SECCIÓN 6

Tecnología y comercialización de productos forestales



“TRABAJO EN EQUIPO EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CARBÓN VEGETAL” */ Martín Aquino Ramírez*

EFICIENCIA Y VIABILIDAD DE LOS TALADROS INALÁMBRICOS EN EL MUESTREO DE ANILLOS DE CRECIMIENTO

Arian Correa-Díaz[1]*, Armando Gómez-Guerrero[2], Julián Cerano-Paredes[3], José Villanueva-Díaz[3]
[1]CENID COMEF, INIFAP; [2]Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados, [3]CENID RASPA, INIFAP

*Autor para correspondencia: correa.arian@inifap.gob.mx

Palabras claves: Taladro Pressler, Dendrocronología, Núcleos de crecimiento

Introducción

Los estudios basados en información de anillos de crecimiento de especies forestales requieren, por lo general, la obtención de núcleos de crecimiento, incrementos radiales o virutas. La herramienta más utilizada para este fin es el taladro de Pressler, que consta de una barrena, un maneral y una bayoneta o cuchara extractora (Grissino-Mayer, 2003). Estos taladros están disponibles en diferentes diámetros (desde 4.0 hasta 12.1 mm) y longitudes (de 10 hasta 100 cm), los cuales dependen de los objetivos del estudio y la especie forestal a investigar. Para su uso, el operario coloca la barrena en posición ortogonal al fuste del árbol, a una altura adecuada (i.e., diámetro normal, 1.3 m), e introduce la barrena girándola en sentido de las manecillas del reloj hasta alcanzar la profundidad deseada (por ejemplo, al centro del árbol o el anillo más interno). Posteriormente, se inserta la cuchara extractora para obtener el núcleo de crecimiento (Villanueva-Díaz et al., 2009). Sin embargo, una limitante común es que este procedimiento requiere una cantidad considerable de fuerza aplicada por el operario para obtener resultados adecuados. Además, su uso repetido en varios árboles implica un importante gasto de tiempo y esfuerzo (Speer, 2010).

Con base en estas limitaciones, diversos laboratorios dendrocronológicos alrededor del mundo han desarrollado o adaptado estrategias para facilitar y agilizar el proceso de muestreo, o bien utilizar una combinación del procedimiento mecánico y manual para eficientizar el proceso. Por ejemplo, se han implementado taladros operados con gasolina o, más recientemente, con baterías, los cuales mejoran el proceso de muestreo dendrocronológico (Kagawa y Fujiwara, 2018). No obstante, el acceso a equipos automáticos aún es limitado y costoso, lo que dificulta su adopción en campo. En este contexto, el objetivo del estudio comparar la eficiencia (en términos de tiempo empleado) y viabilidad (calidad de muestras) entre el método tradicional (Manual) y el método asistido por un taladro inalámbrico comercial (Automático) en la obtención de núcleos de crecimiento de *Pinus hartwegii* Lindl., en el Parque Nacional Pico de Orizaba (PNPO).

Materiales y métodos

En los parajes conocido como Las Balsas (-97.29° O, 19.08° N) y Las Presas (-97.28° O, 19.09° N), ubicados en la sección norte del PNPO, se seleccionaron un total de 29 árboles de *P. hartwegii* (14 y 15 árboles, respectivamente). En cada árbol se obtuvieron dos núcleos de crecimiento (uno por método a la misma profundidad). Para el método Manual, se utilizó un Taladro Pressler de 5.1 mm, mientras que, para el Automático, se utilizó un cople de 3/8” acoplado a una barrena de 5.1 mm en un Taladro Milwaukee M18 ® de 1/2”, con una batería de 5 Ah. La adaptación consistió en la soldadura del cople a una base compatible con la apertura del portabrocas, que admite herramientas de hasta 1/2”. Para cada núcleo de crecimiento obtenido se registró el tiempo total empleado durante tres etapas: 1) ingreso de la barrena, 2) colocación de la bayoneta para la extracción, y 3) retiro de la barrena. No se consideró el tiempo de extracción de la bayoneta, ya que este puede verse afectado por factores externos como la presencia de resina, pudrición, u otros que no son atribuibles al método de perforación. A cada árbol se le registró el diámetro normal (1.3 m), con el fin de asociarlo con el tiempo requerido por cada método. Una vez evaluada la normalidad de los datos (Prueba de Shapiro-Wilk), se evaluó el efecto del tratamiento en el tiempo de extracción mediante una prueba de t-pareada, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Los análisis se realizaron en R, versión 4.4.2.

Resultados y discusión

Se logró adaptar el cople comercial de 3/8” a la barrena de Pressler de 5.1 mm de diámetro (Figura 1A). Esta modificación permitió su uso para la toma adecuada de muestras de anillos de crecimiento, con una calidad satisfactoria para su posterior análisis dendrocronológico (Figura 1B), lo cual demuestra su viabilidad.

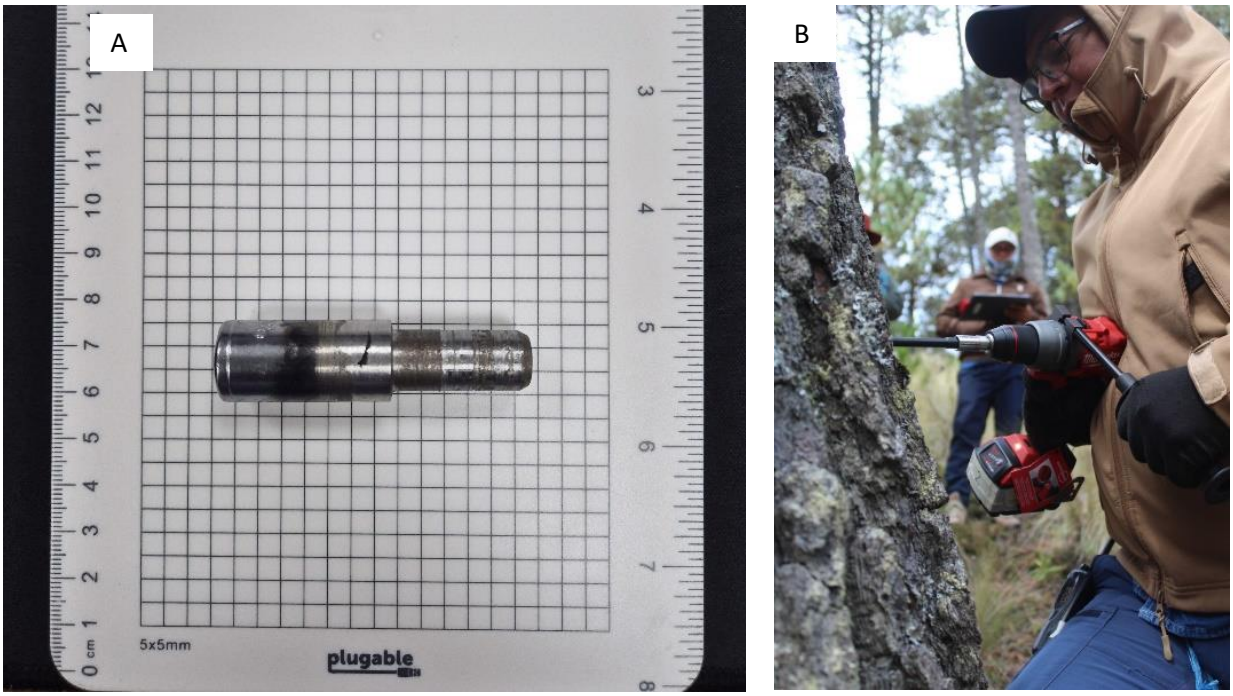


Figura 1. (A) Plano lateral del cople adaptado para la sujeción de una barrena de 5.1 mm. (B) Utilización del cople adaptado al taladro inalámbrico para la obtención de núcleos de crecimiento.

El tiempo promedio de la extracción de muestras para los métodos Manual y Automático fue de 2 minutos con 51 segundos (± 5 segundos) y 43 segundos (± 2 segundos), respectivamente; indicando que la extracción manual requiere casi 4 veces más tiempo que el uso del taladro inalámbrico ($p < 0.001$). Esto concuerda con los estudios de Kagawa y Fujiwara, (2018), quienes señalan que los métodos automáticos son especialmente efectivos para obtener un gran número de muestras en un reducido tiempo. Es importante resaltar que, en ningún caso el método Automático supero un minuto para completar el proceso de extracción. El diámetro promedio de los árboles analizados fue de 70 cm, con un mínimo de 48 cm y un máximo de 102 cm. La correlación entre el diámetro del arbolado y el tiempo de extracción fue significativa únicamente para el método manual ($r = 0.48$, $p = 0.01$); lo que sugiere que, a mayor diámetro, mayor es el tiempo y, por tanto, esfuerzo requerido para completar el proceso de extracción (Figura 2). Sin embargo, una relación en el mismo sentido también se observó con el método Automático, aunque no tan evidente ni estadísticamente significativa.

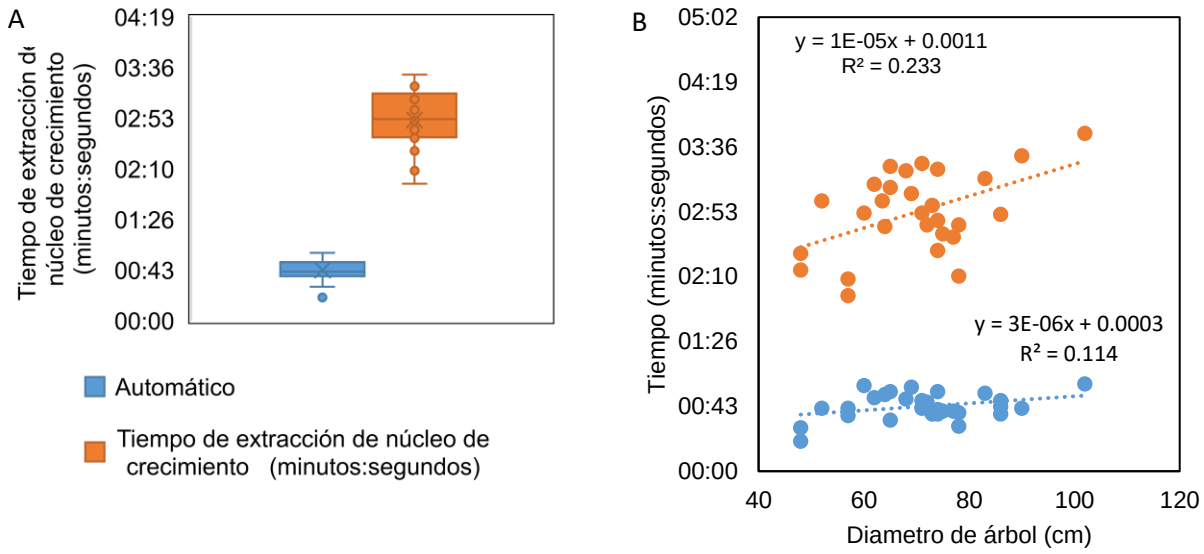


Figura 2. (A) Boxplot del tiempo promedio requerido para la extracción de un núcleo de crecimiento por método. (B) Relación lineal entre el diámetro del árbol muestreado y el tiempo empleado por método.

Pese a las evidentes ventajas del método Automático en cuanto al tiempo requerido para la extracción de los núcleos de crecimiento, también se identificaron algunas limitantes. Una de ellas es el sobrecalentamiento de las barrenas al momento de ingresar en el fuste, lo cual podría ocasionar su ruptura. Para reducir este riesgo, Villanueva-Díaz et al., (2019) señalan que es importante mantener una velocidad de ingreso uniforme, alternar el uso de diferentes barrenas y utilizar el número apropiado de hilos en la barrena dependiendo de la dureza de la madera. Asimismo, si bien la batería utilizada fue suficiente para obtener 15 núcleos de crecimiento, es fundamental contar con baterías de repuesto para asegurar la finalización exitosa de un muestreo intensivo en campo.

Conclusiones

El método manual para la extracción de núcleos de crecimiento requiere cuatro veces más tiempo que el método Automático, que utiliza un cople adaptado a un taladro inalámbrico. La calidad de los núcleos obtenidos fue similar entre ambos métodos, lo que demuestra su viabilidad. La relación entre el tiempo de extracción y diámetro de arbolado fue significativa para el método manual, lo que sugiere que, a mayor diámetro del árbol, mayor es el tiempo y esfuerzo requerido para la extracción. En contraste, esta relación fue menos evidente con el método automático, lo que refleja una mayor eficiencia en el proceso.

Agradecimientos y Fuente financiera

Se agradece al INIFAP por el financiamiento a través del Proyecto Fiscal “Reconstrucción de regímenes históricos de incendios forestales en México: Ecología del fuego para el manejo forestal sustentable”.

Referencias bibliográficas

Grissino-Mayer, H. D. (2003). A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research,* 59(2), 63-79.

Kagawa, A., & Fujiwara, T. (2018). Smart increment borer: A portable device for automated sampling of tree-ring cores. *Journal of Wood Science,* 64, 52–58. https://doi.org/10.1007/s10086-017-1668-6

Speer, J.H. (2010). Fundamentals of tree-ring research. The University of Arizona Press, Tucson. 368 p.

Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., Constante-García, V., Montes-González, L. E. & Vázquez-Selem, L. (2009). Muestreo dendrocronológico: Colecta, preparación y procesamiento de núcleos de crecimiento y secciones transversales.Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID RASPA. Folleto Técnico 13. 49 p.

VARIACIÓN DE LIGNINA Y ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MADERA DE *Alchornea latifolia*

Flora Apolinar Hidalgo[1]* y Martha Elena Fuentes Lopez[1]

[1] Campo Experimental San Martinito, CIR-Golfo Centro, INIFAP

*Autora para correspondencia: apolinar.flora@inifap.gob.mx

Palabras clave: cenizas, volátiles, lignina

Introducción

El desarrollo de energías renovables ha adquirido importancia en la actualidad debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la creciente demanda de energía, esto ha generado el interés y la necesidad de desarrollar fuentes alternas de energía a los combustibles fósiles, de ahí es que los bosques toman relevancia como proveedores de energías renovables. El uso de la madera para la producción de energía ha ganado cada vez más importancia en el escenario mundial y ha estimulado una mayor investigación sobre la biomasa de la madera, su exploración de utilizar la biomasa para obtener energía requiere el análisis y el conocimiento de sus propiedades. Vassilev et al., (2015) plantean que se debe ampliar y mejorar los conocimientos básicos sobre la composición química y las propiedades de la madera y utilizarlo de manera sostenible. *Alchornea latifolia* es una especie fácil de aserrar y cepillar, se utiliza para diferentes usos; construcciones ligeras, cajas de empaque, madera comprimida, contrachapa, formaletas y torneado, de igual manera se utiliza para leña, pulpa y papel, por lo es una buena opción para su caracterización química. Las principales propiedades de los materiales que afectan la conversión en energía, son el contenido de humedad, el contenido de cenizas, el contenido de volátiles, la composición elemental, los componentes químicos y el valor calorífico. Un alto contenido de cenizas y de humedad, pueden disminuir el poder calorífico de la biomasa. Los valores menores de material volátil y bajos contenidos de carbono fijo, favorecen a la biomasa como fuente de energía. Sin embargo, el obstáculo sigue siendo el desconocimiento de las características energéticas de los materiales de la biomasa y sus implicaciones de uso en la industria.

Objetivo

Determinar el análisis proximal: material volátil, carbono fijo, cenizas, contenido de humedad y la lignina de la madera de *Alchornea latifolia* a 3 diferentes alturas.

Materiales y métodos

Se seleccionaron al azar tres árboles de *Alchornea latifolia* provenientes de la localidad de Las Margaritas, municipio de Hueytamalco, Puebla. De cada árbol se recolectaron tres muestras a diferentes alturas: 30 cm, 2 m y 7 m. Las muestras fueron aserradas y cepilladas utilizando un canteador eléctrico Mizutti de dos cuchillas para obtener aproximadamente 300 g de viruta. Posteriormente, el material fue secado a temperatura ambiente y molido en un molino tipo Thomas Wiley. El material molido se tamizó utilizando mallas No. 40 (0.42 mm) y No. 60 (0.25 mm). El material retenido en la malla No. 60 fue empleado para las determinaciones de análisis proximal y lignina, realizando cuatro repeticiones por muestra. El análisis proximal consistió en la determinación secuencial de contenido de humedad, cenizas, material volátil y carbono fijo, siguiendo las normas ASTM correspondientes. Para la determinación del contenido de humedad (norma ASTM E871), se pesaron crisoles de porcelana previamente secados en mufla a 750 °C. Se adicionó 1 g de muestra molida a cada crisol, que fue colocado en una estufa a 103 ± 2 °C durante 24 horas. Tras el enfriamiento, se registró el peso para calcular la humedad. El material volátil se determinó conforme a la norma ASTM E872. Para ello, la mufla se calentó a 950 °C con la puerta abierta. Los crisoles con muestras se colocaron primero en el borde externo durante 2 minutos, luego en el borde interno por 3 minutos y finalmente en el centro de la mufla con la puerta cerrada durante 7 minutos. Posteriormente, se enfriaron en un desecador y se registró el peso. La determinación de cenizas se realizó según la norma ASTM D1102. Los crisoles con las muestras previamente usadas para el análisis de material volátil se colocaron en la mufla a 600 °C por 6 horas con la tapa entreabierta. Luego se enfriaron en un desecador durante 45 minutos y se registró el peso. El contenido de carbono fijo se calculó por diferencia, restando el porcentaje de cenizas y material volátil al 100%. Para la determinación del contenido de lignina, se siguió

la norma TAPPI T 222. Se pesó 1 g de muestra molida, libre de extractos, y se adicionaron 15 ml de ácido sulfúrico al 72% (24 N), con agitación constante en baño maría a 20 °C durante dos horas. Posteriormente, la muestra se transfirió a un matraz Erlenmeyer con 575 ml de agua destilada y se hirvió durante 4 horas bajo una campana extractora. Después de sedimentar por 24 horas, la lignina se filtró en un crisol y se lavó con 100 ml de agua destilada caliente para eliminar ácido residual. Finalmente, se secó en estufa a 105 °C durante 24 horas para su pesado. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) seguido de una comparación múltiple de medias usando el procedimiento de Tukey (α = 0.05), implementado en el programa estadístico SAS.

Resultados y discusión

Los datos de cenizas, carbono fijo, humedad y lignina muestran que hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los árboles de *Alchornea latifolia* y no hay diferencia en el material volátil, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Lignina y análisis proximal de *Alchornea latifolia*

Arboles	*Material Volátil (%)**	*Cenizas (%)**	*Carbono Fijo (%)**	*Humedad*	*Lignina **
1	*82.28 a*	*1.24 b*	*16.47 a*	*6.33 b*	*23.59 a*
2	*82.28 a*	*1.07 c*	*16.64 a*	*6.85 a*	*22.12 b*
3	*82.70 a*	*1.64 a*	*15.65 b*	*6.14 b*	*22.22 b*

* Con base en el peso anhidro
† Valores con la misma letra indican que no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

El material volátil (VM) son sustancias presentes en los combustibles, como el metano, hidrocarburos, hidrógeno, monóxido de carbono, nitrógeno y otros gases no quemados. Estas sustancias determinan en gran medida la capacidad de combustión de un combustible. Los materiales con un mayor contenido de VM se encienden más fácilmente y requieren menos energía para la ignición. Sin embargo, los combustibles con un mayor contenido de material volátil suelen emitir menos calor durante la combustión (Racero et al.,2024). En este estudio, el contenido de material volátil oscila entre 82.28 % y 82.70 %, sin que se observe una diferencia significativa entre los arboles analizadas. La ceniza es el residuo que queda tras la ignición o combustión de un combustible. Un mayor contenido de cenizas implica un menor poder calorífico, mientras que un menor contenido de cenizas se asocia con un poder calorífico más alto. En este estudio, se encontraron diferencias significativas en el contenido de cenizas entre los árboles analizados. El árbol 3 presentó el mayor contenido de cenizas, con un valor de 1.64 %, seguido por el árbol 1, con un 1.24 %. El **carbono fijo** es el carbono sólido que permanece después de que los materiales volátiles han sido liberados durante el proceso de combustión. Este parámetro se utiliza como una estimación de la cantidad de carbón que puede generarse a partir de una muestra de material combustible. En el presente trabajo, los valores obtenidos de carbono fijo muestran que los árboles 1 y 2 presentan contenidos similares, con un 16.47 % y 16.64 % respectivamente. Sin embargo, estos difieren del árbol 3, cuyo contenido de carbono fijo fue menor, con un 15.65%. El contenido de agua determina la calidad del combustible: un alto contenido de humedad reduce el poder calorífico, lo que disminuye la eficiencia de conversión y el rendimiento energético, ya que parte de la energía se utiliza para evaporar el agua. Además, una mayor cantidad de agua dificulta una combustión más completa. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el árbol 2 presenta un contenido de humedad del 6.85%, el cual difiere del registrado en los árboles 1 y 3, con valores de 6.33 % y 6.14 %, respectivamente. De acuerdo con Vignote y Martínez (2006), a mayor contenido de lignina, mayor será el poder calorífico del biocombustible. Esto se debe a que la lignina es rica en carbono (61–65 %) e hidrógeno (5–6.2 %), los principales elementos responsables de la generación de calor. En este trabajo, se encontró que el árbol 1 presentó el mayor contenido de lignina (23.59 %), seguido por el árbol 3 (22.22 %) y el árbol 2 (22.12 %).

Algunos autores han reportado valores de análisis proximal y contenido de lignina en diversas especies maderables. Trinidad et al. (2020) reportaron para *Tectona grandis* los siguientes valores: material volátil (71.29 %), cenizas (2.31 %), carbono fijo (15.62 %) y humedad (10.78 %), así como un contenido de lignina

de 35.6 %. Por su parte, Ruiz et al. (2022) informaron, para 12 especies latifoliadas, rangos de material volátil entre 78.04 % y 94.70 %, contenido de cenizas entre 0.49 % y 4.51 %, y carbono fijo entre 4.74 % y 21.27 %.

También se observa que el contenido de cenizas, humedad y lignina varía según la altura del árbol como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variación de lignina y análisis proximal a diferentes alturas de *Alchornea latifolia*

Altura	***Material Volátil (%)****	***Cenizas (%)****	***Carbono Fijo (%)****	***Humedad***	***Lignina****
30 cm	*82.59 a*	*1.33 a*	*16.06 a*	*6.8 a*	*22.24 b*
2 m	*82.52 a*	*1.33 a*	*16.13 a*	*6.31 b*	*22.77 a*
7 m	*82.08 a*	*1.25 b*	*16.65 a*	*6.15 b*	*22.92 a*

* Con base en el peso anhidro
† Valores con la misma letra indican que no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Se observa una variación a lo largo del fuste. A los **30 cm** del fuste, se registra un **mayor contenido de cenizas (1.33 %)** y **humedad (6.8%)**, así como un **menor contenido de lignina (22.24 %)**. En contraste, a los **7 m** de altura, se presenta un **mayor contenido de lignina (22.92 %)** y un **menor contenido de cenizas (1.25 %)**.

Conclusiones

La madera de *Alchornea latifolia* presenta diferencias significativas ($p< 0.05$) en el análisis proximal y lignina, con un valor promedio de material volátil 82.42 %, cenizas 1.3 %, carbono fijo 16.25 %, contenido de humedad de 6.4 % y lignina de 22.63 %. El análisis proximal es útil para comprender las características de la biomasa, lo que lo hace esencial para comparar combustibles y facilitar el uso de la biomasa forestal.

Referencias bibliográficas

Vignote, P. S. y Martínez, R. I. (2006). Tecnología de la madera 3ª Ed. Madrid. Ediciones Mundi-Presa. 678 p.

Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L.K., Vassileva, C. G. (2010). An overview of the chemical composition of biomass. Fuel 89, 913–933.

Ruiz, A. F., Jiménez, M. M. E, Fuente, C. M. E., Santiago, G. W., Suárez, M. M.E., Aquino, V. C. (2022). Energy Properties of 22 Timber Species from Oaxaca, Mexico. Southeast Eur for, 13(2): 107-113.

Trinidad, L. C. L., Vega, R. L. Y., Rendón, C. C. D. y Tobón, R. S. (2020). Caracterización de los residuos de la industria maderera para su aprovechamiento en diferentes aplicaciones. Ingeniería y desarrollo, 3(1), 104.

Racero, G. D., Rhenals, J. Sofan, G., S, Mendoza, J. y Silvera, A. (2024). Proximate analysis in biomass: Standards, applications and key characteristics. Results in Chemistry. 12. Doi: 101886. 10.1016/j.rechem.2024.101886.

DESAFÍOS DE LA SOBREPRODUCCIÓN DE AGAVE MEZCALERO EN OAXACA, MÉXICO

Angel Saul Cruz-Ramírez[1*], Gabino Alberto Martínez-Gutiérrez[2], Georgel Moctezuma López[1], Efraín Velasco Bautista[1], Gerardo Colín-García[3], Joaquín Adolfo Poblete-Avendaño[2].

[1]Cenid-Comef, INIFAP; [2] Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) unidad Oaxaca; [3] CIRPAS C.E. Centro de Chiapas

*Autor para correspondencia: cruz.saul@inifap.gob.mx

Palabras clave: planeación agropecuaria, productos forestales no maderables, *Agave angustifolia* Haw.

Introducción

De acuerdo con datos del Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal, A.C. (COMERCAM, 2025), la producción de mezcal en México a partir de agave mezcalero (AM) genera 55,000 empleos directos y 210,000 empleos indirectos. Para el año 2024 este organismo regulador reportó la producción de 11.3 millones de litros. Este volumen representó una disminución del 7.1% con respecto al año 2023.

En la actualidad, la producción de AM enfrenta problemáticas relativas a la denominación de origen, competitividad y mercado. En este estudio el análisis se enfocó en los problemas de mercado relacionados con el exceso de oferta de materia prima de AM. En 2023 el volumen de producción de acuerdo con el SIAP (2025) fue de 256,549 toneladas, un aumento del 94% con respecto a 2013. Estos cambios entre períodos de exceso y escasez de materia prima han sido recurrentes y se han presentado con duraciones de 17 a 18 años (Cruz-Ramírez, 2023).

La sobreproducción de agave tequilero y AM genera un efecto de precios bajos de estos dos agaves, los cuáles son los principales utilizados para la producción de destilados en México. Los precios y superficie sembrada de ambos agaves están correlacionados (Cruz-Ramírez, 2023). Como consecuencia, en la caída del precio de la piña de ambas especies, se esperan incrementos de plagas y enfermedades debido al abandonó de las plantaciones; afectaciones a productores de mezcal de pequeña y media escala; y disminución del establecimiento de plantaciones de AM. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar los desafíos de la sobreproducción de AM en Oaxaca a través de entrevistas a profundidad con productores clave con la finalidad de proveer información estratégica a productores y tomadores de decisiones en la industria e instituciones gubernamentales.

Materiales y métodos

La investigación se realizó de 2023 a 2024 con un enfoque mixto. En una primera etapa, el componente cualitativo consistió en la revisión de literatura especializada y bases de datos oficiales de producción y superficie sembrada del Gobierno de México. En esta etapa, se realizaron 22 entrevistas a profundidad con productores clave de AM en el estado de Oaxaca con relación a los desafíos presentados en el actual contexto de sobreproducción. Además, se realizó toma de notas en 4 reuniones con el Comité Estatal Sistema Producto Maguey Mezcal Nacional y de Oaxaca sobre la problemática derivada de la sobreproducción de AM. Los productores que se entrevistaron fueron 5, 7, 7 y 3 de las siguientes regiones: Mixteca, Yautepec, Valles Centrales y Sierra Sur, respectivamente. La selección de productores que se entrevistaron fue mediante un método no probabilístico de muestreo intencional (Hernández-Sampieri, 2014) y transcritas para su posterior análisis con la técnica de análisis de contenido de acuerdo con Hernández-Sampieri (2014). En la segunda etapa, el componente cuantitativo consistió en análisis de estadísticas de AM en Oaxaca que publicó el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2025) del período 2003-2023. Se obtuvo información de producción en los 135 municipios que se reportan con agave mezcalero en el estado de Oaxaca. El análisis de la información se realizó en el software R con el paquete ggplot2.

Resultados y discusión

El primer desafío que se identificó fue la organización en los productores de AM. Aunque existen diferentes organizaciones que los representan, hay poca o nula participación en algunos municipios productores dentro de estas organizaciones. Por lo que se sugiere fortalecer los procesos de organización o la búsqueda de nuevos esquemas para promover una mayor participación. Resaltan entre las organizaciones

existentes: el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A.C.; Mujeres del Mezcal de Oaxaca; la Cámara Nacional de la Industria del Mezcal; el Comité Estatal Sistema Producto Maguey Mezcal Nacional y de Oaxaca; la Asociación de Maguey y Mezcal Artesanal; Clúster del mezcal; y el Patronato Nacional de la Industria del Mezcal.

El segundo desafío se relacionó con el acceso a la información sobre el problema de sobreproducción entre los productores de AM. No se cuenta con un padrón de productores y datos de superficie sembrada de AM (actualizada) a nivel de los municipios que pueda orientar las siembras en relación con la demanda del mercado. Los resultados muestran (Figura 1) que en los años anteriores al 2010 el municipio de Nejapa de Madero fue el principal productor de AM. Posterior al 2020, fue superado por el municipio de Miahuatlán de Porfirio Diaz con más de 1,700 hectáreas sembradas. El incremento en la superficie sembrada indica una alta producción o disponibilidad de materia prima. Los datos reportados por el SIAP (2025) permiten observar el comportamiento histórico y los municipios donde tradicionalmente se ha cultivado el AM.

Sin embargo, existen discrepancias con los datos reportados en los últimos cinco años por el SIAP (2025). Los productores entrevistados indican que la superficie en Nejapa de Madero fue superior a las 2,000 hectáreas mientras que el SIAP (2025) reportó una superficie cercana a 500 hectáreas para este mismo período. Estos resultados no coinciden con los encontrados mediante un análisis multitemporal de imágenes de satélite por Sandoval-García *et al*. (2024), quienes estimaron una superficie de 21,769 hectáreas de agave para 2022 en las subcuencas Río Alto Tehuantepec y Río Tequisistlán, que abarcan los municipios de Nejapa de Madero, San Carlos Yautepec y San Pedro Quiatoni. Mientras que el SIAP (2025) reportó para 2022 una superficie de 1,475 hectáreas para los 3 municipios de dichas subcuencas. Aunque dichas subcuencas abarcan una mayor cantidad de municipios, los tres mencionados son los que representan la mayor cantidad de AM sembrada en estas subcuencas. Por este motivo, es de vital importancia la realización de un censo que permita conocer la superficie sembrada con mayor precisión e identificar un padrón de productores por región y estatal.

El tercer desafío tuvo relación con la falta de actualización de documentos oficiales que permitan una planeación y orientación de la producción de AM. El “Plan rector sistema producto maguey mezcal” se realizó en 2014. Mientras que el “Diagnóstico de la Cadena de Valor Mezcal en las Regiones de Oaxaca” se elaboró en 2016. No existiendo documentos o trabajos de los organismos involucrados para que le den continuidad a estos documentos.

El cuarto desafío se relacionó con la falta de capacitación en los procesos de comercialización del mezcal. Productores de pequeña y mediana escala comercializan una cantidad importante de mezcal a granel. Este era comprado del 2015 a 2022 por empresas medianas y grandes en el período de escasez de materia prima. Dichas empresas, ante el exceso de producción de materia prima posterior al 2023 han dejado de comprar el mezcal a estos productores.

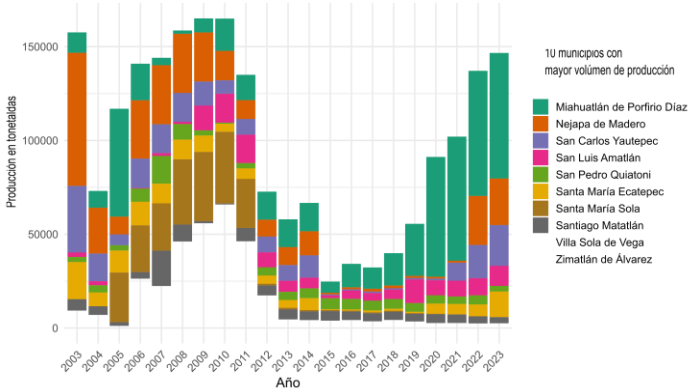


Figura 1. Comportamiento en los 10 principales municipios productores de Agave Mezcalero en Oaxaca para el período 2003-2023. Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP, 2025).

El quinto desafío se identificó como las variaciones del precio del AM por la localización de las parcelas y ausencia de esquemas de contratos entre productores de AM y de mezcal. El precio en 2024 se encontró entre un rango de 80 centavos y 3 pesos por kilo. Esta variación se debió a la localización de las parcelas y a la ausencia o presencia de contratos de compraventa del AM. Aquellas que tienen mayor cercanía con las principales localidades productoras de mezcal tuvieron un mayor precio. De igual forma, los productores de AM que tienen acuerdos o contratos de compraventa con productores de mezcal obtuvieron mayor precio. Las parcelas con agave que se encuentran localizadas en zonas alejadas de carreteras y de los palenques tienen el menor precio. Los compradores de Jalisco han dejado de comprar agave en el estado de Oaxaca desde el año 2023.

Finalmente, el sexto desafío consistió en el monocultivo de AM y la deforestación de la selva baja caducifolia para nuevas plantaciones. Los altos rendimientos de los agaves y su también alta demanda como mezcal a inducido al monocultivo y a la deforestación de la selva baja caducifolia para abrir nuevas áreas con AM (Sandoval-García *et al*., 2024) alterando el equilibrio del ecosistema como: la disminución de la diversidad de flora y fauna, erosión del suelo y perdida de su fertilidad, entre otros.

Conclusiones

Se identificaron seis desafíos en el contexto de sobreproducción de AM en el estado de Oaxaca. Se relacionaron con la necesidad de fortalecer la organización de los productores de AM; la realización del censo de productores y superficie sembrada de AM; la actualización del diagnóstico y plan rector del sistema producto maguey mezcal; el desarrollo de capacidades en la comercialización del mezcal por parte de productores de pequeña y mediana escala; las variaciones de precios debido a la ausencia de esquemas de contratos o acuerdo formales entre productores primarios y transformadores; y por último, la intervención de todos los organismos para detener la expansión del monocultivo de AM principalmente en la selva baja caducifolia.

Agradecimientos

Se agradece al INIFAP por las facilidades otorgadas y al Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Oaxaca, por el apoyo brindado.

Referencias bibliográficas

COMERCAM. (2025). Informe estadístico 2024. Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal A.C.

Cruz-Ramírez, A. S., Martínez-Gutiérrez, G. A. y Escamirosa-Tinoco, C. (2023). Las fluctuaciones de precios del agave tequilero y mezcalero en México, para el periodo 1982-2019. En Rojas R. M. M., Valencia S. K., Ybarra M. M. C. (Eds.), *Competitividad en las cadenas de valor agroalimentarias: conceptos y herramientas metodológicas* (pp. 189-209). Editorial Plaza y Valdés: Ciudad de México, México. https://www.researchgate.net/publication/369742861_Las_fluctuaciones_de_precios_del_Agave_Tequilero_y_Mezcalero_en_Mexico_para_el_periodo_1982-2019

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6a ed.). McGraw-Hill Education.

Sandoval-García, R., Sandoval-García, C., Sandoval-García, C., y Marroquín-Morales, P. (2024). Pérdida de ecosistemas forestales en dos subcuencas del estado de Oaxaca, México, por el incremento de plantaciones de Agave. *Acta Botánica Mexicana*, 2024(131), 1-13. https://doi.org/10.21829/ABM131.2024.2261

SIAP. (2025). *Base de datos del SIACON*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon?idiom=es

ANÁLISIS NO DESTRUCTIVOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN MADERA DE *Pinus patula*

Guadalupe Olvera-Licona [1]*, José Amador Honorato-Salazar [1], Flora Apolinar-Hidalgo [1]

[1]Campo Experimental San Martinito, CIR-Golfo Centro, INIFAP.

* Autora para correspondencia: olvera.guadalupe@inifap.gob.mx

Palabras clave: acústica, propiedades, vibraciones

Introducción

La evaluación no destructiva de la madera es una disciplina enfocada en evaluar o determinar sus propiedades físicas y mecánicas sin comprometer su integridad ni su uso final. Esta información permite tomar decisiones fundamentadas sobre sus aplicaciones más adecuadas. Los métodos no destructivos, como las tecnologías acústicas, permiten obtener datos precisos sobre las propiedades, el desempeño y el estado del material (Ross, 2015).

El módulo de elasticidad (MOE) es una constante que describe la flexibilidad o rigidez de la madera ante fuerzas que tienden a modificar su forma y representa la relación entre carga aplicada y deformación (deflexión) dentro del límite elástico. El MOE dinámico puede determinarse mediante la frecuencia natural de vibración de una muestra prismática, a partir de sus dimensiones y densidad. Una manera común de inducir esta vibración es mediante un golpe controlado en uno de los extremos de la pieza.

Debido a la anisotropía de la madera, el módulo de elasticidad paralelo a las fibras varía dependiendo del tipo de esfuerzo, ya sea de compresión o tensión. El objetivo del presente trabajo fue analizar el módulo de elasticidad dinámico de la madera de *Pinus patula* mediante un método acústico y dos modelos matemáticos.

Materiales y métodos

Características de las muestras

El estudio se realizó con 51 probetas obtenidas de seis árboles de *Pinus patula*, provenientes del rodal 0401 de la comunidad de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. Se seleccionaron árboles sanos, con fuste recto y poca ramificación, siguiendo la norma ASTM D5536-94 (2004) (Cuadro 1). Las probetas se obtuvieron de la parte central de las primeras cuatro trozas (2.5 m de largo), y se prepararon con dimensiones finales de 0.05 m × 0.05 m × 0.76 m.

Cuadro 1. Características de los árboles estudiados de *Pinus patula*

Árbol	Altura (m)	Diámetro (cm)	Edad (años)	N° probetas
1	33	45	73	8
2	30	55	53	12
3	36	55	50	9
4	28	35	53	7
5	32	60	54	5
6	32	50	50	10

Ensayos con técnica de vibración

Previo a realizar los ensayos, las probetas se acondicionaron al contenido de humedad (CH) en laboratorio. El CH (%) de las probetas se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\mathrm{CH}(\%) = \frac{\mathrm{p_i} - \mathrm{p_0}}{\mathrm{p_0}} \mathrm{x}100 \qquad (1)$$

donde:
CH= contenido de humedad (%)
$\mathrm{p_i}$= peso inicial de la probeta (g)
$\mathrm{p_0}$= peso anhidro (secado en estufa) de la probeta (g)

El módulo de elasticidad dinámico se midió por medio de la vibración longitudinal, usando el software libre de análisis de sonido, FFT Analyzer (Fakopp Enterprise Bt., Hungary), basado en la transformada de Fourier. Las probetas se colocaron sobre dos soportes, a 5 cm de cada extremo. Se colocó un micrófono a 3 cm de un extremo, conectado a una computadora portátil provista del software, mientras que el otro extremo se golpeó ligeramente con un martillo de acero de 283.5 g (10 oz). En el software se registró el valor de frecuencia de vibración (Hz) resultado de la onda mecánica (generada con el golpe del martillo) que viajó a lo largo de cada pieza de madera. Se registraron tres repeticiones por probeta, y se promedió la frecuencia obtenida. Después, se analizó la frecuencia principal de vibración del sonido y utilizó para calcular el módulo de elasticidad dinámico. Las fórmulas usadas fueron las siguientes:

$$v = 2 * l * f \qquad (2)$$

$$MOE_{din} = \rho * v^2 \qquad (3)$$

donde:
v: velocidad de la onda de tensión (m/s)
l: longitud de la pieza (m)
f: frecuencia de vibración (Hertz)
MOE_{din}: Módulo de elasticidad dinámico (Mpa)
ρ: densidad de la madera (Kg/m^3)

La densidad de la madera se determinó con la relación peso/volumen de acuerdo con la norma ISO 13061-2:2014. Además, el módulo de elasticidad se estimó por medio de dos modelos de regresión, Brown et al. (1952) (Ecuación 4) y Sotomayor et al. (2003) (Ecuación 5):

$$MOE = 196.86 \times \rho \times 1000 \qquad (4)$$

$$MOE = 191045 \times \rho^{1.02} \qquad (5)$$

Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) de los datos con Statgraphics-19, seguido de la prueba de Tukey (α = 0.05) para detectar las diferencias significativas en el MOE dinámico entre árboles.

Resultados y discusión

En el cuadro 2 se presentan los valores promedio de densidad, módulo de elasticidad dinámico obtenido experimentalmente y el módulo de elasticidad calculado de acuerdo con Brown et al. (1952) y Sotomayor et al. (2003). La densidad de la madera varió entre árboles, en promedio desde 0.51 a 0.57 g/cm^3, en cuanto a los valores del módulo de elasticidad, en general se obtuvieron valores más altos cuando se determinaron con el método acústico, mientras que los valores determinados mediante el modelo de Sotomayor et al., (2003) fueron los más bajos. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los valores determinados por los distintos métodos estudiados. En el cuadro 3 se observa el resumen estadístico de los valores de densidad, módulo de elasticidad dinámico experimental, y módulos de elasticidad estimados para la madera de *Pinus patula.*

Cuadro 2. Valores promedio de densidad, módulo de elasticidad dinámico experimental, y módulos de elasticidad estimados por árbol.

Árbol	Densidad (g/cm^3)	MOE dinámico (Mpa)	MOE (Brown et al., 1952) (Mpa)	MOE (Sotomayor et al., 2003) (Mpa)
1	0.52±0.032^D *ac*	10763±209.5^D *ab*	9965±626.8^D *bc*	9544±612.7^D *bc*
2	0.57±0.056^D *be*	10479±361.6^D *bc*	10934±1081.9^D*d*	10492±1056.4^D *bcd*
3	0.51±0.047^D *ac*	10780±303.9^D *bcd*	9915±909.4^D *cd*	9495±888.0^D *ae*
4	0.55±0.056^D *be*	10533±363.5^D *bc*	10653±1087.5^D *ab*	10217±1063.9^D*ab*
5	0.53±0.073^D *ab*	10669±469.8^D *bde*	10245±1405.5^D *bcd*	9819±1372.1^D *bd*
6	0.51±0.073^D *b*	10799±471.7^D *de*	9857±1411.1^D *bcd*	9440±1377.2^D *d*

D: Desviación estándar. Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (p≤ 0.05)

Cuadro 3. Resumen estadístico de los valores de densidad, módulo de elasticidad dinámico experimental, y módulos de elasticidad estimados para la especie.

Valor	Densidad (g/cm^3)	MOE dinámico (Mpa)	MOE (Brown et al., 1952) (Mpa)	MOE (Sotomayor et al., 2003) (Mpa)
$\bar{x}$	0.53	10659	10274	9847
σ	0.058	379.7	1136.3	1109.8
c.v.	11.03	3.56	11.05	11.27
Min.	0.38	9918	7481	7124
Max.	0.64	11593	12494	12020

$\bar{x}$: media, σ: desviación estándar, c.v.: coeficiente de variación, Min.: valor mínimo, Max.: valor máximo

Los valores obtenidos son consistentes con lo reportado por Yoza et al. (2015), quienes encontraron un MOE dinámico de 10780 MPa para *Pinus patula* con densidad de 508 kg/m^3, así como con Sotomayor et al. (2003), que reportan un MOE de 9512 MPa para la misma especie. Aunque son escasos los estudios específicos para esta especie, existen antecedentes en especies de densidad similar. Por ejemplo, Baettig (2001) reportó un rango de 8500–18900 MPa en *Pinus radiata*, y Fank (2018) reportó valores entre 7082–8600 MPa para *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*, con coeficientes de variación cercanos al 30%, obteniendo valores más altos en el módulo de elasticidad dinámico que en el estático.

Conclusiones

Los métodos de ensayo no destructivos ofrecen ventajas significativas sobre los destructivos, al ser más rápidos, económicos y aplicables en diferentes contextos (laboratorio, campo o industria). En este estudio no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los valores de MOE obtenidos mediante vibraciones longitudinales y los modelos de regresión, lo que val ida el uso del método acústico como una alternativa confiable. No obstante, se recomienda complementar estos resultados con ensayos mecánicos destructivos para su validación.

Referencias bibliográficas

Baettig, R. M. (2001). Determinación del módulo de elasticidad de la madera mediante vibraciones transversales. Maderas*. Ciencia y tecnología*, *3*(1-2), 44-51.

Fank, P. Y. (2018). *Caracterización físico-mecánica del pino resinoso (Pinus taeda y Pinus elliotti) cultivado en el nordeste argentino para uso estructural*. Tesis doctoral. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

Ross R. J. (2015). *Nondestructive evaluation of wood* (Second edition). Madison, WI: U.S, United States Department of Agricultura (USDA).

Sotomayor, C. J., Herrera, F. M. y Cruz, L. J. (2003*). Clasificación mecánica de la madera de 100 especies mexicanas* [online]. Consultado en mayo de 2025 en http://www.fao.org/3/XII/1054-B4.htm

Yoza, L., Baradit, E., y Acevedo, M. (2015). Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de especies, Pino (*Pinus patula*) y Tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) provenientes del Perú utilizando técnicas no destructivas. *Anales Científicos*, *76*(1), 1-12.

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MADERA DE *Ulmus pumila* L. MEDIANTE ENSAYOS MECÁNICOS Y UN MÉTODO NO DESTRUCTIVO

Guadalupe Olvera-Licona[1]*, Gabriel Humberto Virgen-Cobos[2], Miguel Esteban-Herrero[2]

[1]Campo Experimental San Martinito, CIR-Golfo Centro, INIFAP.[2]Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid.

* Autora para correspondencia: olvera.guadalupe@inifap.gob.mx

Palabras clave: acústico, método, propiedades.

Introducción

El campo de los ensayos no destructivos y la evaluación estructural de materiales está en constante evolución. Esto es especialmente cierto en el área de materiales a base de madera o fibra. Por ejemplo, las primeras investigaciones sobre tecnologías no destructivas para productos de madera se centraron en métodos para evaluar el rendimiento de la madera estructural en América del Norte (Brashaw et al., 2009). Desde los años cincuenta se han estudiado ensayos no destructivos y su aplicación para determinar las constantes elásticas de la madera obteniendo buenos resultados usando estos métodos. Estudios más recientes en el estudio de madera estructural (Arriaga et al., 2022; Osuna et al., 2024), avalan la caracterización de la madera con métodos no destructivos como ultrasonidos, de impacto o locales. La relación de los valores que se obtienen con los métodos no destructivos y los obtenidos con métodos destructivos permiten establecer correlaciones para estimar las propiedades mecánicas de la madera. Actualmente se están realizando esfuerzos de investigación y desarrollo alrededor del mundo con la finalidad de explorar el uso potencial de estas tecnologías para evaluar la madera y los materiales a base de madera, desde la evaluación de árboles en pie, clasificación de madera estructural y evaluación de estructuras in situ. El objetivo del presente trabajo fue determinar la resistencia a la flexión de la madera de *Ulmus pumila* L. mediante ensayos destructivos y mediante un método acústico. Esta especie ha sido muy plantada en los últimos años como árbol ornamental en Europa debido a su gran resistencia a la contaminación ambiental, sin embargo, es una de las especies con mayor riesgo de caída y fractura, por lo que es de gran importancia el estudio de las propiedades mecánicas de su madera.

Materiales y métodos

Preparación de probetas

Se estudiaron tres ejemplares de *Ulmus pumila* L. pertenecientes a arbolado urbano en la ciudad de Madrid, España. De cada ejemplar se obtuvieron dos trozas de 0.9 m de longitud y diámetro promedio de 32.5 cm, obtenidas a partir de los primeros 30 cm de la base del árbol. La preparación de las probetas se realizó de acuerdo con la norma UNE 56528-78: Características físico-mecánicas de la madera: preparación de probetas para ensayos, obteniendo un total de 127 probetas de 30x2x2 cm. Para el acondicionamiento de las probetas, éstas se colocaron en una cámara de acondicionado a 20 ± 2º C de temperatura y 65 ± 5% de humedad relativa, hasta que adquirieron la humedad de equilibrio, lo que se comprobó mediante pesadas sucesivas. Se consideró que llegaron a dicho equilibrio cuando dos pesadas consecutivas separadas por un intervalo de 6 horas no difirieron en más de 0.1% de la masa de la probeta.

Ensayos no destructivos

Una vez acondicionadas las probetas, se realizaron mediciones longitudinales directas (dirección paralela a la fibra) con el equipo Microsecond Timer (MST), el cual es un equipo de medición del tiempo de transmisión de onda acústica (µs), compuesto por dos sensores en forma de aguja (emisor y receptor), conectados mediante cables a una consola. Para la generación de la onda se usó un martillo de 100 g de masa. Se determinó la densidad de la madera a un contenido de humedad del 12% en cada probeta, mediante la relación peso/volumen. La determinación del módulo de elasticidad dinámico se realizó a partir de la velocidad de propagación de una onda mediante las Ecuaciones 1 y 2.

$$v = \frac{s}{t} \quad [1]$$

$$E_{din} = \rho \cdot v^2 \quad [2]$$

donde:

v: velocidad de propagación (m/s)
s: distancia entre sensores (m)
t: tiempo (s)
E_{din}: módulo de elasticidad de dinámico (N/mm^2)
ρ: densidad de la madera (g/cm^3)

.

Ensayos mecánicos

Para las pruebas mecánicas se utilizó una máquina de ensayos universal Suzpecar-Microtest con célula de carga de 7.9 kN. Se midieron las dimensiones de las probetas con aproximación de 0.1 mm. La determinación de la resistencia a flexión estática se realizó de acuerdo con la norma UNE 56537-79, aplicando la carga con velocidad constante de 5 mm/min hasta la rotura.

Los valores de resistencia a flexión (f_m) y módulo de elasticidad estático (E_m) se obtuvieron mediante las Ecuaciones 3 y 4:

$$f_m\left(\frac{N}{mm^2}\right) = \frac{3\ Q\ l}{2\ b\ h^2} \quad [3]$$

$$E_m\left(\frac{N}{mm^2}\right) = \frac{l^3}{4\ b\ h^3}\ x\ \frac{P}{\Delta} \quad [4]$$

donde:

Q: carga de rotura en N.
l: distancia entre apoyos o luz de la probeta en mm.
b: ancho de la probeta en mm.
h: altura de la probeta en mm.
P/Δ: pendiente de la curva carga vs deformación en el rango elástico.

Los datos procedentes de los distintos ensayos fueron procesados y tratados estadísticamente con el uso de Microsoft Office Excel 2019 y Statgraphics Centurion 19. El estudio de normalidad de las variables se realizó mediante la prueba Shapiro-Wilk. Para el análisis de la relación entre variables se realizó un modelo de regresión simple.

Resultados y discusión

Los tres ejemplares de *Ulmus pumila L.* presentaron una gran cantidad de nudos pequeños que fueron inevitables al momento de elaborar las probetas, por lo que su presencia pudo ser un factor relevante en los valores de módulo de elasticidad y resistencia. En el Cuadro 1 se muestran las velocidades medias de las ondas acústicas que se obtuvieron, así como los valores de módulo de elasticidad dinámico calculados, también se muestran los resultados de las pruebas mecánicas: valores medios de resistencia a la flexión y módulo de elasticidad estático, por troza de cada ejemplar.

Cuadro 1. Valores medio y desviación estándar de la velocidad de ondas acústicas, módulo de elasticidad dinámico, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad estático en los tres ejemplares de *Ulmus pumila*

Ejemplar	Troza	n	Ensayos no destructivos (MST)		Ensayos mecánicos	
			Velocidad(m/s)	E_{din} (N/mm^2)	f_m (N/mm^2)	E_m (N/mm^2)
1	A	24	3278.3±284.8	6569.9±1590.8	58.7±16.6	3847.2±936.3
	B	20	3340.8±216.1	6535.5±1332.4	56.7±15.9	3922.9±983.0
2	A	28	3104.5±267.6	4645.2±1024.9	37.3±9.9	3353.5±635.3
	B	18	3533.7±232.0	6558.6±1137.2	52.1±8.6	4495.8±739.0
3	A	21	3524.1±178.2	7537.9±1042.1	67.2±12.4	4788.2±835.2
	B	16	3583.1±186.5	7457.5±1346.4	58.0±14.8	4823.9±924.1

Existen diversos estudios, sobre todo en madera estructural, sobre la relación entre la velocidad de propagación de ultrasonidos o bien de ondas de impacto en la dirección longitudinal y las propiedades mecánicas, encontrando buenos coeficientes de determinación, llegando incluso a valores del 98 % en probetas libres de defectos (Ross, 2015). La relación entre el estimador no destructivo (velocidad de onda acústica) y las propiedades mecánicas de la madera (resistencia a la flexión y módulo de elasticidad) generalmente es elevada, siendo la velocidad de transmisión de onda o mejor aún el módulo de elasticidad dinámico, un buen estimador para obtener el módulo de elasticidad estático y la resistencia de la madera. En los distintos ejemplares estudiados, se obtuvo un buen coeficiente de determinación tanto para la resistencia a flexión como para el módulo de elasticidad estático, siendo este último el que tuvo un mejor ajuste, lo que explica en gran medida la variabilidad de la variable dependiente. Para la especie estudiada, en la Figura 1, se muestra el modelo de regresión lineal entre el módulo de elasticidad dinámico y estático con un $R^2 = 0.73$. La aplicación práctica, es que, con un modelo de este tipo, se puede estimar o predecir el módulo de elasticidad estático a partir del módulo de elasticidad dinámico (mediante métodos acústicos).

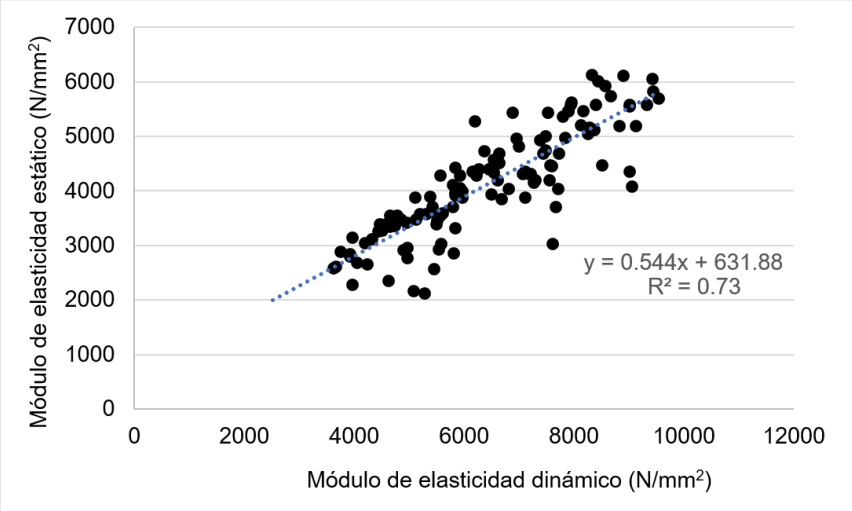


Figura 2. Modelo de regresión lineal del módulo de elasticidad dinámico y el módulo de elasticidad estático en madera de *Ulmus Pumila* L.

Conclusiones

El método acústico (ondas de impacto) evaluado en el presente trabajo mostró ser un método muy rápido de llevar a cabo, siendo aceptable el coeficiente de correlación del modelo para estimar el módulo de elasticidad estático en la madera de *U. pumilla,* sin embargo, se recomendaría que, para establecer un modelo de estas características para la especie, se estudie una mayor cantidad de ejemplares en condiciones y características de crecimiento distintas ya que el arbolado urbano puede ser muy variable.

Referencias bibliográficas

Arriaga, F., Osuna-Sequera, C., Bobadilla, I., y Esteban, M. (2022). Prediction of the mechanical properties of timber members in existing structures using the dynamic modulus of elasticity and visual grading parameters. *Construction and Building Materials*, 322, 126512.

Brashaw, B. K., Bucur, V., Divos, F., Goncalves, R., Lu, J., Meder, R., Pellerin, R. F., Potter, S., Ross, R.J., Wang, X., Yin, Y. (2009). Nondestructive testing and evaluation of wood: A worldwide research update. *Forest products journal*. *59*(3), 7-14.

Osuna, S., C., Arriaga, F., Llana, D. F., y Íñiguez-González, G. (2024). Predicting the mechanical properties of timber from existing structures by the longitudinal vibration method, visual grading and definition of the nominal cross-section. *Wood Material Science & Engineering*, *19*(2), 366-374.

Ross, R. J. (Ed.). (2015). *Nondestructive evaluation of wood*. 2ª edición. General Technical Report FPL-GTR-238. Madison, WI: U.S. pp. 169.

EFECTO DEL TAMAÑO DE PROBETA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA de *Pinus pseudostrobus* Lindl.

José Amador Honorato-Salazar[1]*, Angélica Jacobo Chino[2]

[1]Campo Experimental San Martinito, CIR-Golfo Centro, INIFAP.
[2]Prestador de Servicios Técnicos Profesionales

*Autor para correspondencia: honorato.amador@inifap.gob.mx

Palabras clave: Densidad básica, contracción, pino

Introducción

La madera es un recurso renovable de gran relevancia en múltiples industrias, como la construcción, la fabricación de mobiliario y la producción de papel. Sus propiedades físicas, en particular la densidad básica y las contracciones dimensionales (radial, tangencial, longitudinal y volumétrica), son determinantes para evaluar su calidad, comportamiento higroscópico y anisotrópico, así como su aptitud para distintos usos. Entre estos parámetros, la densidad básica, definida como la relación entre la masa seca y el volumen en estado verde o saturado, representa una medida crucial porque se relaciona directamente con la resistencia mecánica, la estabilidad dimensional y el rendimiento energético del material (Niemz *et. al*., 2023).
Diversos factores afectan las propiedades físicas de la madera, como la especie, la edad del árbol, las condiciones de crecimiento, el contenido de humedad, la porosidad, entre otros (Glass y Zelinka, 2010). Sin embargo, un aspecto metodológico frecuentemente subestimado, pero de gran impacto en la precisión de los resultados, es el tamaño de las probetas utilizadas para su evaluación. Algunos estudios han documentado que dimensiones inadecuadas pueden inducir variaciones significativas, especialmente en propiedades sensibles como las contracciones (Thybring y Fredriksson, 2023), lo que compromete la comparación entre investigaciones y la confiabilidad de los datos generados.
Pese a la existencia de normas técnicas como las ASTM (D143, D2395) o las ISO (13061) y las recomendaciones de Wiemann y Williamson (2012), la selección del tamaño de las muestras suele depender de la disponibilidad de material y de las capacidades operativas de los laboratorios. Esta variabilidad metodológica constituye una fuente potencial de error en la caracterización de la madera en especies de importancia comercial como *Pinus pseudostrobus* Lindl., ampliamente utilizada en México por su valor económico y aplicaciones estructurales.
En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto del tamaño de probeta en las propiedades físicas de la madera de *Pinus pseudostrobus*, con énfasis en la densidad básica y las contracciones dimensionales, a fin de proponer recomendaciones para su aplicación en pruebas de caracterización física.

Materiales y métodos

Se seleccionaron y derribaron seis árboles sanos de *Pinus pseudostrobus*, con edades entre 49 y 106 años, diámetros normales de 55 a 70 cm y alturas totales de 27 a 33 m. Los individuos presentaban fustes rectos, con escasa ramificación, y fueron obtenidos en el área de aprovechamiento M-2010 (17°24'50.58"N, 96°26'48.87"O), ubicada en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. De cada árbol se obtuvo una troza de 2.5 m de longitud de la parte basal del fuste. Con base en la norma ASTM D143, se cortaron piezas de 7 × 7 cm de sección transversal y 2.5 m de longitud, a partir de la zona central de cada troza. Posteriormente, se seleccionó al azar una pieza por árbol, obteniendo un total de seis piezas. A partir de cada pieza se elaboraron 54 probetas con las siguientes dimensiones: 5 × 5 × 15 cm, 5 × 5 × 2 cm, 2 × 2 × 10 cm, 2 × 2 × 2 cm y 2 × 2 × 1 cm, orientadas en las direcciones radial, tangencial y longitudinal, respectivamente. Todas las muestras fueron etiquetadas con lápiz indeleble, identificando los puntos de medición en las tres direcciones anatómicas y luego se saturaron en agua destilada hasta alcanzar peso constante.
El volumen de cada probeta se determinó por desplazamiento de agua, conforme a la norma ASTM D2395. Las dimensiones se midieron con un vernier digital para calcular las contracciones y el peso se registró utilizando una balanza analítica. Las probetas se secaron inicialmente a temperatura ambiente en laboratorio hasta alcanzar peso constante, y posteriormente se colocaron en una estufa a 103 ± 2 °C. Una vez secas, se enfriaron en un desecador con sílica gel durante 15 minutos, tras lo cual se registraron nuevamente su peso y dimensiones.

La densidad básica, la contracción lineal y volumétrica total de cada probeta, así como la relación de anisotropía, se calcularon utilizando las siguientes fórmulas (Thybring y Fredriksson, 2023):

$$Db = \frac{P_0}{V_s} \quad (1)$$

$$Contracción\ lineal\ (\%) = \left(\frac{\Delta D\ (r,t,l)}{D_0}\right) \quad (2)$$

$$C_v\ (\%) = 100[1 - \ (1 - 0.01Cr)(1 - 0.01Ct)(1 - 0.01Cl)] \quad (3)$$

$$RA = \frac{Ct}{Cr} \quad (4)$$

donde:
$\Delta D = D_0 - D_f$. r, t, l = direcciones radial, tangencial y longitudinal, Db = Densidad básica (kg/m^3), P_0 = Peso anhidro, V_s = Volumen saturado, D_0 y D_f = Dimensiones inicial (saturada) y final (anhidra), respectivamente C_v = Contracción volumétrica, Cr, Ct y Cl = Contracciones radial, tangencial y longitudinal, RA = Relación de anisotropía.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza, considerando como factor de variación el tamaño de las probetas. Posteriormente, se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias utilizando el método de diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de significancia de α = 0.05. El análisis estadístico se realizó con el software SAS.

Resultados y discusión

El tamaño de las probetas es un factor crucial en la evaluación de la densidad básica y las contracciones de la madera, ya que influye significativamente en los valores obtenidos de estas propiedades físicas (Cuadros 1 y 2). La densidad básica osciló entre 421.33 y 459.18 kg/m³, con los valores más altos registrados en las probetas de 2 × 2 × 10 cm y los más bajos en las de 2 × 2 × 1 cm. Se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las probetas de menor tamaño y el resto de las dimensiones evaluadas, lo que sugiere una subestimación de la densidad en probetas de menor volumen. Esta variación podría deberse a una mayor susceptibilidad a defectos estructurales o a errores de medición (Thybring y Fredriksson, 2023). Por ello, cuando se utilicen probetas pequeñas, se recomienda determinar el número de repeticiones con base en un tamaño de muestra estadísticamente adecuado, con el fin de mejorar la representatividad y precisión de los resultados.

Cuadro 1. Valores promedio de la densidad básica y contracciones lineales.

Tamaño de probeta (cm)	Densidad básica (kg/m^3)	Contracción lineal (%)		
		Radial	Tangencial	Longitudinal
5 x 5 x 2 (ASTM D143)	449.83 ± 60.15‡ a¥	4.92 ± 0.85 c b	9.38 ± 1.00 b	0.94 ± 0.50 b
5 x 5 x 15 (ASTM D143)	440.37 ± 35.04 a	4.54 ± 0.82 c	8.36 ± 1.11 c	0.30 ± 0.14 c
2 x 2 x 2 (ISO 13061)	431.72 ± 43.76 a b	5.42 ± 1.09 a	9.85 ± 1.29 a b	1.00 ± 0.37 a b
2 x 2 x 10	438.01 ± 38.39 a	5.15 ± 1.09 a b	9.84 ± 1.14 a b	0.42 ± 0.22 c
2 x 2 x 1 (ISO 13061)	416.99 ± 48.66 b	5.55 ± 1.02 a	9.97 ± 1.35 a	1.13 ± 0.38 a

‡ Desviación estándar, ¥ Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (α = 0.05)

En relación con las contracciones, se observó que las probetas más pequeñas (2 × 2 × 1 cm) presentaron valores significativamente más altos en las contracciones radial, tangencial y longitudinal, alcanzando valores de 5.55 %, 9.97 % y 1.13 %, respectivamente (Cuadro 1). En cambio, las probetas de mayor tamaño (5 × 5 × 15 cm) registraron menores contracciones, principalmente en la dirección longitudinal (0.30 %), lo que sugiere que los tamaños reducidos tienden a amplificar los efectos higroscópicos en los planos radial y tangencial debido a su mayor relación superficie/volumen. De acuerdo con Glass y Zelinka (2010), las probetas pequeñas están más expuestas a deformaciones inducidas por tensiones internas y presentan una mayor proporción de pared celular en relación con su volumen total, lo cual podría explicar el incremento en la magnitud de las contracciones, particularmente en sentido longitudinal. Thybring y Fredriksson (2023), señalan que la contracción longitudinal puede variar considerablemente según la

orientación anatómica y el tamaño de la pieza, lo cual coincide con los valores observados en las probetas más pequeñas.

Cuadro 2. Valores promedio de contracción volumétrica y relación de anisotropía

Tamaño de probeta (cm)	Contracción volumétrica (%)	Relación de anisotropía
5 x 5 x 2 (ASTM D143)	14.65 ± 1.52‡ b¥	1.95 ± 0.33 a
5 x 5 x 15 (ASTM D143)	12.77 ± 1.57 c	1.89 ± 0.33 a
2 x 2 x 2 (ISO 13061)	15.59 ± 1.84 a	1.88 ± 0.39 a
2 x 2 x 10	14.84 ± 1.75 b	1.99 ± 0.44 a
2 x 2 x 1 (ISO 13061)	15.92 ± 1.97 a	1.84 ± 0.33 a

‡ Desviación estándar, ¥ Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (α = 0.05)

En cuanto a la contracción volumétrica, los valores más altos se registraron en las probetas de 2 × 2 × 1 cm (15.92 %), mientras que las de 5 × 5 × 15 cm mostraron los valores más bajos (12.77 %). Este comportamiento sugiere que las probetas pequeñas podrían sobrestimar la contracción volumétrica, posiblemente debido a su limitada representatividad anatómica, lo que puede distorsionar los resultados (Wiedenhoeft, 2010). Por el contrario, las probetas de mayor tamaño podrían subestimar esta propiedad debido a la presencia de defectos internos, que tienden a restringir el cambio dimensional durante el secado (Thybring y Fredriksson, 2023).

La relación de anisotropía (RA) no mostró diferencias significativas entre los distintos tamaños de probeta, con valores que oscilaron entre 1.84 y 1.99. Esto indica que, a pesar de las variaciones en las contracciones absolutas, la proporción relativa entre las contracciones tangencial y radial se mantiene relativamente constante.

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda el uso de probetas de 5 × 5 × 2 cm para la determinación de las propiedades físicas de la madera, ya que ofrecen un equilibrio adecuado entre representatividad anatómica, manejo práctico en laboratorio y precisión en la estimación de contracciones y densidad.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que el tamaño de probeta influye de manera significativa en la determinación de las propiedades físicas de la madera de *Pinus pseudostrobus*, en particular en las contracciones lineales y volumétricas. Las probetas de menor tamaño tienden a presentar valores más altos de contracción. Aunque la densidad básica y la relación de anisotropía se mantuvieron relativamente constantes entre los diferentes tamaños, se recomienda emplear probetas de 5 × 5 × 2 cm o, en su caso, determinar estadísticamente el número de repeticiones necesarias cuando se utilicen probetas pequeñas.

Referencias bibliográficas

Glass, S. V. and Zelinka, S. L. (2010). *Moisture relations and physical properties of wood.* In *Wood handbook - Wood as an engineering material*. (pp. 4-1 – 4-19) USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR-190.

Niemz, P., Sonderegger, W., Keplinger, T. Jiang, J. and Lu, J. (2023). Physical Properties of Wood and Wood-Based Materials. In P. Niemz, A. Teischinger and D. Sandberg (eds.), *Springer Handbook of Wood Science and Technology* (pp. 281-353). Springer Nature.

Thybring, E. E: and Fredriksson, M. (2023). Wood and Moisture. In P. Niemz, A. Teischinger and D. Sandberg (eds.), *Springer Handbook of Wood Science and Technology* (pp. 355-397). Springer Nature.

Wiedenhoeft, A. (2010). Structure and Function of Wood. In *Wood handbook - Wood as an engineering material*. (pp. 3-1 – 3-18) USDA Forest Service, Forest Products Laboratory. General Technical Report FPL-GTR-190.

Wiemann, M. C. and Williamson, G. B. (2012). Testing a novel method to approximate wood specific gravity of trees. *Forest Science 58*(6), 577–591. http://dx.doi.org/10.5849/forsci.10-049.

DETERMINACIÓN DE ALGUNAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE *Populus alba* L.

Gabriel Humberto Virgen-Cobos[1]*, Guadalupe Olvera-Licona[2], Miguel Esteban-Herrero[1]
[1]Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Madrid.

[2]Campo Experimental San Martinito, CIR-Golfo Centro, INIFAP.

* Autor para correspondencia: gvirgen25@gmail.com

Palabras clave: flexión, compresión, tracción.

Introducción

Las propiedades mecánicas definen el comportamiento y capacidad que tiene la madera para resistir fuerzas externas. Los valores de resistencia mecánica son de suma importancia para aplicaciones tanto en la construcción, elementos estructurales o elaboración de productos sujetos a esfuerzos mecánicos, pues su dimensionamiento estará en función de la resistencia y deformación de la madera (Rodríguez *et al*., 2015). Las propiedades mecánicas de la madera varían en función del contenido de humedad, si aumenta el contenido de humedad disminuyen la resistencia y el módulo de elasticidad. Esta dependencia tiene lugar para contenidos de humedad inferiores al punto de saturación de las fibras. Por encima de este valor, el agua se encuentra libre rellenando las cavidades de las fibras y no influye significativamente en las propiedades mecánicas (Argüelles *et al*., 2013). El estudio de las propiedades mecánicas de la madera se realiza con diversos objetivos como proponer los usos probables de este material, obtener datos para el cálculo de estructuras, o bien, en el caso de evaluación de arbolado urbano, las propiedades mecánicas son valores de gran importancia para determinar índices de caída y fractura. El objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades de flexión, compresión y tracción paralelas a la fibra de la madera de *Populus alba* L., una especie de gran importancia como árbol urbano en Europa y América.

Materiales y métodos

La preparación de las probetas se realizó de acuerdo con la Norma UNE 56-528-78: Características físico-mecánicas de la madera: preparación de probetas para ensayo. Se obtuvieron seis trozas de 45 cm de largo y 57 cm de diámetro promedio a lo largo del fuste de un ejemplar de *Populus alba*. De cada troza se obtuvieron cinco piezas rectangulares (12 x15 cm) de la zona central y de la periferia (Figura 1). De cada pieza rectangular se obtuvieron probetas para flexión (20x20x300 mm), compresión paralela a la fibra (20x20x60 mm) y tracción paralela a la fibra (40x12.5x270 mm con una sección central de 16x5x50 mm).

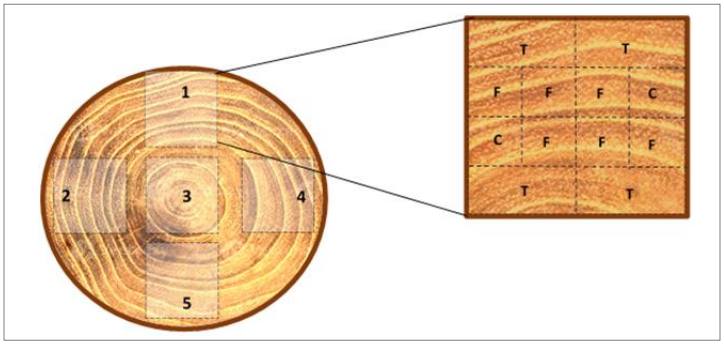


Figura 5. Obtención de probetas: F= Flexión, C = Compresión paralela a la fibra, T =Tracción paralela a la fibra

Las probetas se colocaron en una cámara de acondicionamiento a 20±2°C de temperatura y 65 ± 5% de humedad relativa hasta que adquirieron la humedad de equilibrio, lo que se comprobó mediante pesadas sucesivas. Se consideró que llegaron a dicho equilibrio cuando dos pesadas consecutivas separadas por un intervalo de 6 horas no difirieron en más de 0.1% de la masa de la probeta. Para las pruebas mecánicas en probetas de flexión y compresión se utilizó una máquina de ensayos universal Suzpecar-Microtest con células de carga de 7.9 kN y 24 kN respectivamente. Se midieron las dimensiones de las probetas con aproximación de 0.1 mm. La determinación de la resistencia a flexión estática se realizó de acuerdo con la

norma UNE 56537-79, aplicando la carga con velocidad constante de 5 mm/min hasta la rotura. Los ensayos de compresión paralela a la fibra se realizaron de acuerdo con la norma UNE 56535-77. Se aplicó la carga a velocidad uniforme de 24.5 N/mm^2 por minuto hasta que se produjo la rotura de la probeta. Los ensayos de tracción paralela a la fibra se realizaron de acuerdo con la norma UNE 28012-8. Se utilizó una máquina de ensayos universal Instron-Microtest con célula de carga de 24.7 kN. Se realizaron adaptaciones en las dimensiones de la probeta debido a la particularidad y dimensiones del implemento de la máquina para realizar este ensayo. Se aplicó la carga a una velocidad de 33 N/s hasta que se produjo la rotura. Una vez ensayadas las probetas se colocaron en estufas de secado a 103 ± 2ºC para obtener el peso anhidro y posteriormente determinar del contenido de humedad de las probetas al momento de cada ensayo.
Los valores de resistencia a flexión estática a la rotura (f_m) y módulo de elasticidad estático (E_m) se obtuvieron mediante las Ecuaciones 1 y 2:

$$f_m\left(\frac{N}{mm^2}\right) = \frac{3\ Q\ l}{2\ b\ h^2} \qquad [1]$$

$$E_m\left(\frac{N}{mm^2}\right) = \frac{l^3}{4\ b\ h^3}\ x\ \frac{P}{\Delta} \qquad [2]$$

donde:

Q: carga de rotura en *N*.
l : distancia entre apoyos o luz de la probeta en mm.
b: ancho de la probeta en mm.
h: altura de la probeta en mm.
P/Δ: pendiente de la curva carga vs deformación en el rango elástico (hasta el límite de proporcionalidad).

Respecto a la resistencia a compresión paralela a la fibra ($f_{c,0}$) se obtuvo mediante la Ecuación 3:

$$f_{c,0} = F_{max}/A_c \qquad [3]$$

donde:

F_{max}: carga máxima aplicada en el momento de la rotura (N)
A_c: área de la sección transversal de la probeta de compresión (mm^2).

Del mismo modo, la resistencia a tracción paralela a la fibra ($f_{t,0}$) se obtuvo mediante la Ecuación 4:

$$f_{t,0} = F_{max}/A_t \qquad [4]$$

donde:

F_{max}: carga máxima aplicada en el momento de la rotura (N)
A_t: área de la sección de rotura de la probeta (mm^2).

Se determinó la densidad de la madera (ρ) a un contenido de humedad del 12% en cada probeta, mediante la relación peso/volumen. Se aplicó el factor de corrección indicado en la Norma UNE EN 384:2016+A1:

$$\rho = \rho(u)(1 - 0{,}005)(u - u_{ref})) \qquad [5]$$

u: contenido de humedad en el momento del ensayo
u_{ref}: contenido de humedad de referencia (12%).

Los datos procedentes de los distintos ensayos fueron procesados en Microsoft Office Excel 2019 y el análisis estadístico descriptivo en Statgraphics Centurion 19. El estudio de normalidad de las distintas propiedades mecánicas por troza se realizó mediante la prueba Shapiro-Wilk.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se muestran los valores medios de las propiedades mecánicas estudiadas. En cuanto a la densidad de la madera para esta especie se reportan valores desde 0.42 a 0.48 g/cm^3 (Rodríguez *et al.*, 2006; Medina *et al.*, 2018) muy similares a los encontrados en el presente estudio. La densidad de la

madera es considerada como una de las propiedades más importantes debido a la relación que tiene con las propiedades mecánicas y con sus posibles usos. Las resistencias a flexión, compresión y tracción paralelas a la fibra variaron a lo largo del fuste, aunque estadísticamente no se encontró diferencia significativa, en cuanto a los valores de las resistencias tendieron a disminuir a mayor altura en el fuste. Vignote (2014) reporta una resistencia a la flexión para la especie estudiada de 71.58 N/mm^2, módulo de elasticidad de 5638.8 N/mm^2, un valor de 36.57 N/mm^2 para la resistencia a la compresión paralela a la fibra y 68.29 N/mm^2 de resistencia a la tracción.

Cuadro 3. Propiedades mecánicas de *Populus alba*: densidad de la madera, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción paralela a la fibra.

Especie	Troza	Densidad (g/cm^3)	Propiedades mecánicas*							
			n	f_m (N/mm^2)	E_m (N/mm^2)	n	$f_{c,0}$ (N/mm^2)	n	$f_{t,0}$ (N/mm^2)
Populus alba L.	1	0.46±0.04^D	14	66.7±9.9^D	5430.0±404.5^D	12	38.6±6.5^D	6	66.4±12.7^D
	2	0.47±0.03^D	15	66.1±9.0^D	5458.9±597.2^D	10	40.8±8.9^D	5	66.7±16.2^D
	3	0.45±0.04^D	15	54.9±15.9^D	5065.3±815.4^D	10	36.0±5.3^D	5	69.5±25.7^D
	4	0.44±0.06^D	15	52.9±16.5^D	5053.6±893.5^D	10	29.7±8.1^D	5	45.0±27.7^D
	5	0.44±0.05^D	10	42.0±20.3^D	4240.6±1255.9^D	10	27.6±7.5^D	4	59.9±17.8^D
	6	0.43±0.06^D	13	43.2±16.1^D	4707.3±1141.1^D	13	28.4±7.2^D	6	38.7±19.1^D

^{D}: Desviación estándar, f_m: Resistencia a la flexión, E_m: Módulo de elasticidad, $f_{c,0}$: Resistencia a la compresión paralela a la fibra, $f_{t,0}$: Resistencia a la tracción paralela a la fibra. *A un contenido de humedad del 12%

Es importante mencionar que en el presente estudio, así como los estudios realizados por otros autores respecto a la caracterización mecánica de la madera de esta especie, no se consideran las condiciones de crecimiento, contaminación ambiental, tipo de suelo, nutrientes, agua disponible y temperatura, sin embargo son importantes de estudiar ya que estos parámetros podrían influir en la densidad de la madera (la cual además puede ser variable entre ejemplares de una misma especie y dentro de un propio ejemplar), por lo que cada variación podría reflejar diferencias en las distintas propiedades mecánicas estudiadas.

Conclusiones

El comportamiento mecánico de la especie estudiada es congruente con lo reportado en la literatura para una madera de densidad media, sin embargo, los valores de las propiedades mecánicas estudiadas fueron ligeramente inferiores a los reportados por otros autores para esta especie en concreto. Las propiedades mecánicas fueron variables a lo largo del fuste, encontrando valores inferiores a medida que aumentó la altura en el fuste.

Referencias bibliográficas

Argüelles, R., Arriaga, F., Esteban M., Iñiguez, G. y Argüelles, R. (2013). *Estructuras de madera bases de cálculo*,1st ed.; AITIM: Madrid, España, pp.30-40.

Medina, A. A., Baucis, A. G., Catalán, M. A., Andía, I. R., Trangoni, F., Razquin, M., ..., Vuillermet, A. (2018). Características y propiedades físicas de la madera de álamos cultivados en Río Negro, Patagonia Argentina. *Madera y bosques*, *24*(1), e2411434

Rodríguez, F., Broto, M. y Lizarralde, I. (2006). Densidad normal de la madera de las principales especies forestales de Castilla y León. Fundación Cesefor.

Rodríguez, A. R., Ramírez, A. A. M., Palacios, J. H., Fuentes, T. F. J., Silva, G., J. A. y Saucedo, C. A. (2015). Características anatómicas, físico-mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton). *Revista mexicana de ciencias forestales*, *6*(28), 156-173.

Vignote, P. S., (2014). Principales maderas de frondosas de España. Características, tecnología y aplicaciones. Monografía (Informe Técnico). E.T.S.I. Montes, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

CARACTERIZACIÓN DE CARBÓN VEGETAL ELABORADO CON DOS RAMPAS DE CALOR A PARTIR DE ESPECIES TROPICALES.

Julio César Ríos-Saucedo[1], Mónica Melissa Torres-Camacho[2], Artemio Carrillo-Parra[2], Juan de Dios-Quezada [3], Martín Aquino-Ramírez[3]

[1]C. E. Valle del Guadiana-CIRNOC-INIFAP, [2]Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA -UJED), [3]C. E. Edzná CIRSE-INIFAP.

*Autor para correspondencia: rios.julio@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Poder calorífico*, carbón vegetal, especies tropicales.

Introducción.

El impacto ambiental derivado del uso de combustibles fósiles ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles, como los biocombustibles, los cuales se obtienen a partir de materias primas renovables. Estos se clasifican en cuatro generaciones: primera, segunda, tercera y cuarta, según su origen y proceso de elaboración (Cortez-Sánchez et al., 2019). En este contexto, el carbón vegetal representa una opción destacada. Se considera un material inerte, resistente a ciertos agentes biológicos que comúnmente deterioran la madera. Además, genera menos humo y posee un mayor poder calorífico en comparación con la biomasa, lo que ha llevado a un aumento en su demanda como combustible doméstico en varios países. También se utiliza en procesos industriales, como la producción de cobre y zinc (Camps & Marcos, 2008). En México, la producción de madera tropical se concentra principalmente en los estados de Veracruz, Tamaulipas y Tabasco, que en conjunto representan el 78.2 % de la producción nacional de este tipo de madera (SEMARNAT, 2018). El estado de Yucatán, por su parte, cuenta con una superficie total de 3,918,934 hectáreas, de las cuales el 78.97 % posee aptitud forestal. El resto corresponde a superficies no forestales como áreas urbanas, cuerpos de agua y terrenos agrícolas, sumando un total de 824,301.43 hectáreas. Cabe señalar que en México no existen normas oficiales que regulen la calidad del carbón vegetal. No obstante, cuando este se exporta, debe cumplir con las normativas del país de destino. Por ejemplo, Alemania aplica la norma DIN 51749; Francia, la norma AFNOR NF B 55101; Bélgica, la norma NBN M 11-001; Suecia y Rusia utilizan la norma GOST 7657-84; y Serbia, la JUS.D.B9.020 (Canul, 2013).

Objetivo

Caracterizar energéticamente el carbón vegetal elaborado a partir de pirolisis lenta con dos rampas de temperatura en tres especies tropicales: *Piscidia piscipula* (L.) sarg, *Zuelania guidonia (Sw.)* Britton & Millsp y *Guettarda combsii* Urb.

Materiales y Métodos

Las especies fueron recolectadas en el ejido NCPA Sudzal, municipio de Tekax, Yucatán, localizado entre las coordenadas geográficas 19°42’46.88”,19°44’38.78” N y 89°08’54.22” 19°42’46.88”,89°08’56.49” O.La investigación y la realización de los estudios de carbonización de las especies *Piscidia piscipula*, *Zuelania guidonia*, *Guettarda combsii*, así como también la elaboración de los análisis proximales de cada una, se llevó a cabo en el laboratorio del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA). Para realizar los análisis proximales del carbón vegetal, Se aplicaron dos tratamientos relacionados a las rampas de temperatura (500° y 700°), para esto se le realizaron cortes con una sierra eléctrica a las tres ramas de un árbol por especie, de la cuales se obtuvieron probetas con medidas de 2 x 2 x 30 cm. Después, las probetas se cortaron en cubos de 2 × 2 × 2 cm, generando 12 cubos por rama dando un total de 108 cubos por las 3 especies para posteriormente llevar a ser carbonizadas. Las probetas se deshidrataron en una estufa de secado de marca Felisa® a una temperatura de 105°C por un tiempo de 3 horas, después para la carbonización las probetas fueron colocadas en un cilindro de metal con dimensiones de aproximadamente 4 cm de diámetro y 13 cm de largo, posteriormente fue introducido a una mufla de marca Thermolyne® a una temperatura de 500°C y 700°C durante 30 minutos. Para determinar el contenido de humedad, el material volátil, contenido de cenizas y el carbono fijo del carbón vegetal se seleccionó una probeta por

tratamiento de cada uno de los tres árboles de cada especie. Primero se pesó cada una de las probetas utilizando una báscula de marca Ohaus Explorer®, después se determinó el promedio de los pesos de las probetas ya carbonizadas y la probeta que más se le asemejaba al promedio fue la que se utilizó. Las probetas carbonizadas seleccionadas fueron molidas en un mortero para utilizar 1 g de esa muestra y realizar los análisis proximales donde se empleó la metodología y las fórmulas de la norma internacional ASTM D1762-84, el resto de la muestra molida fue utilizada para determinar el poder calorífico en una bomba calorimetrica. Se sometieron bajo pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk. En los valores que no cumplieron con los supuestos de normalidad, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis

Resultados y Discusión

Con base en los resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, se observó que los datos obtenidos en las variables de contenido de humedad, material volátil y carbono fijo no cumplen con los supuestos de normalidad ($p<0.05$). Solo los datos de contenido de cenizas y poder calorífico presentaron normalidad ($p>0.05$). Por otra parte, en la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, los datos de las variables de contenido de humedad, material volátil y carbono fijo, presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) (Cuadro 1). El Análisis de Varianza (ANOVA), en los datos de las variables de contenido de ceniza y poder calorífico, presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Pruebas de normalidad y significancia de las variables evaluadas en las tres especies y los dos tratamientos.

	Prueba de Shapiro-Wilk		Prueba de Kruskal-Wallis		ANOVA	
Variable	Estadístico w	Valor de p	Estadístico (X^2)	Valor de p	Valor de F	Valor de p
Contenido de humedad	0.89149	0.00859	22.931	0.0034	-	-
Material volátil	0.7737	4.95×10^{-5}	21.429	0.0060	-	-
Contenido de cenizas	0.9537	0.2638	-	-	3.475	0.0134
Carbono fijo	0.5265	0.00040	24.159	0.0021	-	-
Poder calorífico	0.9377	0.1072	-	-	8.430	9.58×10^{-5}

Contenido de humedad. El carbón vegetal elaborado a partir de tres diferentes especies tropicales y a diferentes temperaturas, no cumple con los supuestos de normalidad de acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk y la prueba de Kruskal-Wallis, el contenido de humedad presenta diferencias significativas. El carbón elaborado de la especie tamay (*Z. guidonia*) del tratamiento de pirolisis directa a 500°C, presentó el mayor porcentaje de humedad (3.41%), mientras que el carbón elaborado de la especie tastab (*G. combsii*) en el tratamiento de pirólisis mixta, presentó el menor porcentaje de humedad (1.2%). Según la FAO (1983) establece que la calidad del carbón vegetal suele restringir el contenido de humedad a un rango de entre 5% y 15%. El carbón elaborado a partir de las especies evaluadas presenta un contenido de humedad inferior al 3.4%, lo cual indica que está por debajo de los parámetros que establece la FAO.

Material volátil. Existen diferencias significativas entre los valores de material volátil del carbón vegetal elaborado por diferentes métodos de pirólisis. Se obtuvo como resultado que el mayor porcentaje de material volátil se encuentra presente en la especie de tastab (*G. combsii*) y jabín (*P. piscipula*), específicamente en el tratamiento de pirólisis directa a 500°C (22.4%), mientras que la especie que presenta un porcentaje más bajo es tamay (*Z. guidonia*) en el tratamiento de pirólisis mixta (8.9 %). Según la FAO (1983) el carbón vegetal tiene un promedio del 30% de material volátil, entre mayor contenido tenga, encenderá más rápido; sin embargo, al quemarse produce más humo. El material volátil en el carbón vegetal puede tener un 40% a un 5%. Un porcentaje bajo dificulta el encendido; sin embargo, genera una combustión más limpia.

Contenido de cenizas. De acuerdo con la prueba de Shapiro-Wilk los resultados del contenido de cenizas presentan una distribución normal (Cuadro 1). El análisis de varianza (ANOVA) muestra que existen diferencias significativas entre los valores de contenido de cenizas del carbón vegetal elaborado por diferentes métodos de pirolisis. Se obtuvo como resultado que el mayor porcentaje de contenido de cenizas se encuentra presente en la especie de tamay (*Z. guidonia*) específicamente en el tratamiento de pirólisis directa a 500°C y pirólisis directa a 700°C (4.2%), mientras que la especie que presenta un porcentaje más bajo es jabín (*P. piscipula*) en sus tres tratamientos y Tastab en el tratamiento mixto de pirólisis mixto de 500 °C y 700 °C.

Carbono fijo. Existen diferencias significativas entre los valores de carbono fijo del carbón vegetal elaborado por diferentes métodos de pirolisis (Cuadro 1). Se obtuvo como resultado que el mayor porcentaje de carbono fijo se encuentra presente en la especie de jabín (*P. piscipula*), específicamente en el tratamiento de pirólisis mixto (86.8%), mientras que la especie que presenta un porcentaje más bajo es tamay (*Z. guidonia*) (71.5%) en el tratamiento de pirólisis directa a 500°C. Los resultados obtenidos para las tres especies tropicales, con un contenido de carbono fijo que varía entre el 71.5% y el 86.8%, se consideran adecuados en comparación con los estándares de calidad para el carbón vegetal. Según normas internacionales, un buen carbón debe tener al menos un 75% de carbono fijo, por lo que estas especies cumplen con este requisito en la mayoría de los casos.

Poder calorífico. Muestra que existen diferencias significativas entre los valores del carbón vegetal elaborado por diferentes métodos de pirolisis. Se obtuvo como resultado que el mayor contenido de poder calorífico se encuentra presente en la especie de tamay (*Z. guidonia*), específicamente en el tratamiento de pirólisis directa a 700°C (28.7 MJ/Kg), mientras que la especie que presenta un contenido más bajo es tastab (*G. combsii*) (24 MJ/Kg) en el tratamiento de pirólisis directa a 500°C. Los resultados obtenidos para las tres especies tropicales, con un poder calorífico que varía entre el 24 y el 28.7 MJ/kg, se encuentran dentro de un rango razonable, aunque ligeramente por debajo de los valores más altos mencionados en la literatura (FAO, 1983), que oscilan entre 29-35 MJ/kg para el carbón vegetal de buena calidad. Canul (2013) obtuvo un poder calorífico para las especies tropicales *P. piscipula* y *L. castilloi* de 27.21 y 28.74 MJ kg**.**

Conclusiones

El tratamiento mixto de temperaturas 500°C y 700°C, representa las mejores condiciones de pirolisis para obtener un carbón vegetal que cumpla con las normas de calidad internacional; además, la especie de Jabín es la madera recomendada para la transformación a carbón vegetal, presentando las mejores características energéticas. Por el contrario, el tratamiento que presentó las propiedades energéticas menos deseables fue el tratamiento de 500°C en las tres especies.

Referências bibliográficas

Camps Michelena, M., & Marcos Martín, F. (2008). Los Biocombustible. 2da Edición. Madrid, España. Mundi prensa. 383 p URL: https://www.udc.es/export/sites/udc/biblioteca.ciencias/_galeria_down/exposicions/enerxia.pdf_2063069299.pdf

Canul Tun, S., (2013). Rendimiento y calidad del carbón vegetal elaborado en horno tipo fosa con subproductos forestales de *Piscidia piscipula* (l.) sarg. y *Lonchocarpus castilloi* standl. en Campeche (en línea). Tesis M. C.. Linares, Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. 61 p. URL: https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/5599

Cortés Sánchez, M., Gata Montero, E., Pipió Ternero, A., Rodríguez Rivas, A., & Sánchez Santos, J. (2019). Biocombustibles: Tipos y estrategias de producción (en línea). Moleqla (35):20-25. Consultado 15 nov. 2023. URL: https://investiga.upo.es/documentos/61e65781ab9201745649e566

FAO., Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1983). Métodos simples para fabricar carbón vegetal. Consultado 3 jun 2024. Disponible en: https://www.fao.org/3/X5328S/X5328S11.htm.

LABORATORIO VIRTUAL PARA LA DENDROECOLOGÍA: SIMULACIÓN DE LA RESPUESTA DEL CRECIMIENTO A VARIABLES CLIMÁTICAS

Jorge Méndez González[1]*, Andrés Flores[2] y Abel Nájera Luna[3]

[1]Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315, [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-COMEF, Ciudad de México, [3]Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de El Salto (ITES). El Salto. Pueblo Nuevo, Durango, México.

*Autor para correspondencia: jmendezg@hotmail.com

Palabras clave: Anillos-simulados, aprendizaje activo, dendrocronología, Shiny.

Introducción

Un principio axiomático en ecología es que el crecimiento, la demografía y la distribución de las especies están intrínsecamente ligados a las condiciones de su entorno. Los árboles, como organismos sésiles y longevos, actúan como "archivos naturales" de alta resolución, registrando en sus estructuras de crecimiento una memoria anual de las variaciones ambientales. Se ha documentado exhaustivamente que existe una fuerte y directa correlación entre el ancho de los anillos de crecimiento de los árboles y variables climáticas limitantes, principalmente la precipitación y la temperatura (Fritts, 1976; Gou et al., 2023). Esta relación es la piedra angular de la dendrocronología, la ciencia de datar eventos a través de los anillos, pero su importancia trasciende esta disciplina. Es una herramienta fundamental para la ecología, al permitir conocer el crecimiento de las especies y su respuesta a la variabilidad climática, un campo conocido como dendroecología (Speer, 2010; Szymański et al., 2025). Además, en ciencias como la medición forestal, la epidometría y el estudio del crecimiento de especies, el conocimiento de los anchos de los anillos y sus relaciones con el clima es crucial.

A pesar de su importancia conceptual, la enseñanza de estas dinámicas complejas a menudo se enfrenta a un obstáculo significativo: la abstracción. Sin acceso a laboratorios, barrenos de incremento y muestras de madera, los estudiantes pueden tener dificultades para conectar la teoría con los patrones observables en la naturaleza. La literatura pedagógica contemporánea ha demostrado de manera contundente que el aprendizaje activo —donde los estudiantes participan en el proceso de construcción del conocimiento en lugar de recibirlo pasivamente— conduce a un mayor rendimiento y una mejor retención conceptual en las ciencias (Freeman et al., 2014). En este contexto, las simulaciones por computadora emergen como herramientas pedagógicas de inmenso valor, ya que permiten a los estudiantes realizar experimentos en "laboratorios virtuales", manipular variables y observar resultados de manera inmediata, facilitando un aprendizaje por descubrimiento (de Jong & van Joolingen, 1998).
El objetivo fue desarrollar una herramienta educativa interactiva que traduzca conceptos abstractos de ecofisiología en una experiencia práctica. El simulador se centra en el principio de los factores limitantes, permitiendo a los usuarios manipular variables climáticas (temperatura, precipitación) y observar en tiempo real sus efectos sobre el crecimiento de las especies, sirviendo así como un puente entre la teoría y la comprensión aplicada

Materiales y métodos

El desarrollo se basó en la creación de una aplicación web de cliente, eliminando la necesidad de instalación y asegurando la máxima accesibilidad. Se utilizaron tecnologías web estándar: la estructura semántica fue definida con HTML5; los estilos y el diseño responsivo se implementaron con CSS3 y el framework Bootstrap 5; y toda la lógica interactiva, la manipulación de datos y los cálculos se programaron en JavaScript (ES6+).
El núcleo visual del simulador se construyó sobre el elemento <canvas> de HTML5, renderizando los gráficos dinámicamente mediante la librería Chart.js, que fue utilizada tanto para la sección transversal del tronco como para los gráficos de dispersión de relaciones climáticas.
El modelo de simulación opera bajo dos modalidades diseñadas para diferentes propósitos pedagógicos:

1. Modo Manual: Permite al usuario definir rangos específicos para la precipitación y/o temperatura. Los valores climáticos para cada año simulado se generan a partir de una distribución normal centrada en dichos rangos. Este modo está diseñado para la experimentación controlada, permitiendo al estudiante plantear y probar hipótesis del tipo "¿Qué pasaría si hubiera una sequía de 5 años?".
2. Modo Aleatorio: Genera valores climáticos a partir de Modelos de regresión con datos reales. Este modo busca simular la variabilidad natural del clima, mostrando cómo se generan patrones de crecimiento más complejos e irregulares.

Para estandarizar el crecimiento y eliminar el efecto de la edad del árbol (un procedimiento estándar en dendrocronología), el simulador no calcula un ancho absoluto, sino un Índice de Ancho de Anillo (IAA). Este índice adimensional se calcula aplicando modelos de regresión lineal pre-cargados que vinculan el IAA con la Precipitación (PP, en mm) y la Temperatura (TEMP, en °C):

- IAA = 0.0076 * PP + 0.7136 Ecuación 1
- IAA = -0.0844 * TEMP + 3.051 Ecuación 2
- IAA = 1.356 + (0.0064 * PP) - (0.0244 * TEMP) Ecuación 3

Finalmente, para incrementar el compromiso del usuario y promover la evaluación formativa, se integró un componente de "gamificación" (Kapp, 2012). Este módulo desafía al usuario a aleatorizar un anillo específico del tronco virtual y deducir las condiciones climáticas (ej. "Seco", "Normal", "Húmedo") que lo generaron, proporcionando retroalimentación instantánea sobre su respuesta. Lo mismo para temperatura y ambas.

Resultados y discusión

El producto final es una aplicación web plenamente funcional que opera como un "laboratorio virtual" para la dendroecología. La herramienta traduce con éxito los principios ecológicos en una experiencia interactiva. Una característica clave es su flexibilidad, ya que permite realizar simulaciones del índice de ancho de anillos basadas en la precipitación, en la temperatura, o en la interacción de ambas variables. Esto permite al usuario discernir la contribución de cada factor al crecimiento. Los patrones generados son consistentes con la teoría: años simulados con alta precipitación y temperaturas moderadas producen anillos anchos (IAA > 1), mientras que años de sequía o estrés térmico producen anillos estrechos (IAA < 1), reflejando los hallazgos de la investigación dendroclimatológica (Fritts, 1976; Speer, 2010; Huang et al., 2021; He et al., 2023). Esto quiere decir que, los anchos de los anillos simulados en el laboratorio virtual son lo más parecido a la realidad.

El valor de esta herramienta reside en su potencial pedagógico. Trasciende ser una simple ilustración para convertirse en un entorno de experimentación. Al aislar variables, el simulador permite a los usuarios comprender de forma intuitiva conceptos que a menudo son teóricos y complejos:

- Factores limitantes: Los usuarios pueden descubrir por sí mismos cómo, en un escenario de baja precipitación, un aumento de temperatura tiene un efecto negativo en el crecimiento, mientras que, en un escenario de alta precipitación, el mismo aumento puede ser beneficioso o neutro.
- Estrés ambiental: La generación de secuencias de anillos muy estrechos durante "sequías" simuladas proporciona una representación visual poderosa del impacto del estrés hídrico en los organismos.
- Análisis de datos: La capacidad de generar datos y ver su representación en un gráfico de dispersión con una línea de regresión conecta la simulación con las prácticas reales de análisis de datos científicos.

Es crucial reconocer que el simulador es un modelo didáctico, no un modelo predictivo de la realidad. Su diseño simplifica deliberadamente el sistema para aislar la relación clima-crecimiento. En los estudios de investigación, es bien sabido que la correlación entre el clima y el ancho de los anillos a menudo resulta en valores de r inferiores a 0.5, lo que indica que más del 50% de la varianza del crecimiento es atribuible a otros factores como la competencia, la genética, las perturbaciones (incendios, plagas) o las propiedades del suelo (Fritts, 1976), los cuales no son incorporados en esta herramienta.

Sin embargo, esta simplificación es precisamente su fortaleza pedagógica. Al eliminar el 'ruido' de estas otras variables, el simulador permite a los usuarios enfocarse y comprender la naturaleza de la 'señal' climática, que es el primer paso fundamental en cualquier análisis dendrocronológico. La herramienta facilita la construcción de un modelo mental sólido sobre la relación primaria, que puede (y debe) ser complejizado posteriormente al estudiar casos reales.

La incorporación de elementos de gamificación, como el módulo de adivinanza, se alinea con las estrategias modernas de diseño instruccional (Kapp, 2012). Al desafiar al usuario a aplicar lo que ha observado, la herramienta fomenta un ciclo de observación-hipótesis-verificación. Además, el nivel de este "juego" se puede personalizar: el usuario define los parámetros del árbol a generar y luego puede elegir cualquier anillo para adivinar, desde los más obvios (el más ancho o estrecho) hasta los más sutiles, adaptando el desafío a su propio ritmo de aprendizaje.

Conclusiones

El simulador web desarrollado es una herramienta educativa robusta y eficaz que traduce la compleja interacción organismo-ambiente en una experiencia visual, interactiva y cuantificable, facilitando el aprendizaje de principios fundamentales en diversas disciplinas como la dendrocronología, ecología y ciencias forestales. Al proporcionar un entorno seguro para la experimentación y el descubrimiento, la aplicación demuestra el potencial de la tecnología para conectar la teoría científica con el aprendizaje práctico y significativo; y en corto plazo el “laboratorio virtual” estará disponible de forma gratuita y sin requerir instalación ni programas informáticos adicionales para su uso.

Referencias bibliográficas

de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, *68*(2), 179–201. https://doi.org/10.3102/00346543068002179

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press.

Gou, X., Zhang, T., Yu, S., Liu, K., Zhang, R., Shang, H., Zhang, F., & Guo, D. (2023). Climate response of Picea schrenkiana based on tree-ring width and maximum density. *Dendrochronologia*, *78*, 126067. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2023.126067

He, Y., Yu, Q., Wang, G., Hao, M., Fan, S., Hu, D., Feng, J., & Gao, P. (2023). Tree Ring Width Responses of Pinus densiflora and Robinia pseudoacacia to Climate Variation in the Mount Tai Area of Northern China. *Forests*, *14*(10), 2087. https://doi.org/10.3390/f14102087

Huang, X., Dai, D., Xiang, Y., Yan, Z., Teng, M., Wang, P., Li, M., & Xiao, W. (2021). Radial growth of Pinus massoniana is influenced by temperature, precipitation, and site conditions on the regional scale: A meta-analysis based on tree-ring width index. *Ecological Indicators*, *126*, 107659. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107659

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. Pfeiffer.

Speer, J. H. (2010). *Fundamentals of tree-ring research*. University of Arizona Press.

Szymański, N., Wilczyński, S., Kowalczyk, J., & Kowalkowski, W. (2025). The tree-ring width and interval trend values as indicators of sensitivity to temperature and precipitation in different provenances of European larch. *Scientific Reports*, *15*(1), 1656. https://doi.org/10.1038/s41598-024-52194-9

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL CON HORNOS METALICOS CEVAG EN BAJA CALIFORNIA

René Gómez-Mercado[1*], Jorge Francisco Armendáriz-Bejarano[1] y Julio Cesar Ríos Saucedo[2]

[1]CEMEXI, INIFAP; [2]CEVAG, INIFAP.

*Autor para correspondencia: mercado.rene@inifap.gob.mx

Palabras clave. Transformación de biomasa, aprovechamiento sustentable, *N. glandulosa.*

Introducción

La Transferencia de Tecnología comprende la aplicación de metodologías y conocimientos técnicos que fomentan el desarrollo de actividades productivas para dar valor agregado a las materias primas forestales y que aportan herramientas para el aprovechamiento, la conservación y la restauración de los ecosistemas forestales, con base en los resultados de investigaciones y el manejo sustentable. A través de los apoyos que otorga la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en el Programa Desarrollo Forestal Sustentable para el Bienestar, estas tecnologías se transfieren en paquetes tecnológicos con el acompañamiento de una institución extensionista (CONAFOR, 2024).

El aprovechamiento de la biomasa como carbón vegetal es una alternativa de importancia económica, ya que se aumenta el poder calorífico de la materia prima que le dio el origen y reduce los costos de su transporte debido a que se obtiene mayor poder calorífico con un peso mucho menor del combustible empleado (Márquez, 2001). En varias regiones de Baja California se encuentran de manera natural comunidades arbóreas y arbustivas compuestas principalmente por distintas especies de *Neltuna*, considerándose como el recurso leñoso por excelencia en la zona, el cual representa una fuente de materia prima potencial para la transformación de leña de carbón vegetal (Rodríguez *et al*., 2014).

La elaboración de carbón vegetal, por lo general se realiza mediante técnicas tradicionales (hornos de tierra, parvas, ladrillo etc.); sin embargo, se han desarrollado hornos metálicos portátiles como el tipo CEVAG, los cuales fueron diseñados por investigadores del Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP en Durango, ha sido utilizado por los carboneros de la región del norte-centro del país y han obtenido buenos resultados, tanto en la calidad de carbón y los tiempos de procesos que permite obtener carbón de mejor calidad, elevando el rendimiento en periodos más cortos (Ríos y Gómez, 2022).

Por otro lado, la innovación del horno radica en la reducción de tiempos de carbonización (72 horas, más el tiempo de enfriamiento); la vida útil de la tecnología es de cuatro a cinco años, es semifijo, se carga fácilmente, evita la exposición del operario a la inhalación de humo, reduce costos de producción y el carbón se consigue sin impurezas; aunque, su uso requiere de capacitación inicial para el acomodo de la leña y el seguimiento de la quema (Ríos y Gómez, 2022). Sin embargo, la capacidad y rendimiento está en función de las dimensiones y calidad de la leña (porcentaje de humedad, peso, tamaño y forma) y la manera en que se apila el material, el rendimiento medio es de 500 a 600 kilogramos de carbón aproximadamente (Gómez *et al*., 2020). En este contexto, resulta indispensable fomentar estas tecnologías, experiencia y conocimientos que ayuden a los productores de carbón a considerar nuevos procesos en la carbonización del mezquite en vistas a producciones mayores y sustentables.

Objetivo

Transferir el paquete tecnológico para la elaboración de carbón vegetal de mezquite con el horno metálico tipo CEVAG en poblaciones del estado de Baja California

Materiales y métodos

Para la trasferencia del paquete tecnológico se adquirieron seis hornos metálicos tipo CEVAG. El horno metálico cuenta con: tres secciones que se ensamblan una sobre otra en forma de octágono, 16 ventilas con tapas, distribuidas dos en cada cara del octágono de la sección 1 por donde entra y sale aire. Además, posé una tapa superior en la cual se encuentra la ventila de vaporización con su tapa y cuatro chimeneas cilíndricas de 3 m de largo. Tiene una capacidad de 3,200 y 3,500 kilogramos de leña (5.5 a 6.5 m³).

La transferencia de tecnología se realizó con productores cooperantes del Ejido Revolución (3 hornos) y Francisco R. Serrano (3 hornos) en Baja California, quienes cuentan con un programa de manejo forestal autorizado por la SEMARNAT y para el aprovechamiento del mezquite (*N. glandulosa*). Para dar a conocer el paquete tecnológico y la evaluación de la tecnología transferida, se realizó un evento de capacitación y una demostración de campo en cada uno de los ejidos cooperantes.

Sistema de aprovechamiento del mezquite. Se empleó el tratamiento alternativo de poda, definiendo los individuos de mezquite a intervenir dentro de las áreas seleccionadas en rodales. Por otra parte, para favorecer la conservación y recuperación de las áreas sujetas a manejo, se aplicó el método de beneficio de Monte Medio, con lo que se busca favorecer la regeneración natural por semilla (forma sexual) y también mediante brotes (forma asexual). Lo anterior, considerando las características fenológicas del mezquite ante condiciones adversas para lograr su recuperación. Primeramente, fueron intervenidos árboles que presentaron las siguientes características: arboles plagados, arboles seniles y dominados por otras especies, arboles maduros, dominados por especies invasoras y arboles dañados por muérdago. Las actividades de poda fueron realizadas de acuerdo al programa de manejo forestal maderable de nivel simplificado de *N. glandulosa* (Mezquite) autorizados por la SEMARNAT a los ejidos Revolución y Francisco R. Serrano, Baja California.

Transferencia de tecnología. Los beneficiarios fueron capacitados sobre las características y funcionamiento del horno para la elaboración del carbón vegetal (descripción del horno, sus partes y capacidad de producción, así como también la demostración del ensamble, llenado, encendido del horno y seguimiento del proceso de carbonización hasta el enfriamiento del mismo; para posteriormente hacer el destape y mostrar el producto final que es el carbón, sus características y dimensiones después del proceso) posteriormente, se realizó una demostración del proceso invitando a hombres, mujeres y jóvenes de los ejidos vecinos y así evaluar el proceso de aprendizaje. Los hornos fueron llenados con 5.5 a 6.5 m^3 de leña en trozos (70 a 80 cm de largo) y con una humedad del 20%. La institución extensionista realizó un acompañamiento de 12 meses hasta que el productor dominara la técnica en el proceso de elaboración de carbón con este tipo de hornos.

Rendimiento. Para el cálculo de rendimiento, el carbón obtenido en cada uno de los hornos fue empaquetado en sacos (10 kg) o bolsas de papel Kraft (5 y 10 kilos). La tecnología también incluyó el empaque del carbón y valor agregado del producto, colocando una marca por medio de serigrafía. Además, se midió el tiempo del proceso de carbonización (tiempo transcurrido entre el encendido y el apagado del horno). Se realizaron cuatro repeticiones para obtener el rendimiento promedio.

Resultados y discusión

Los aprovechamientos de rodales para la obtención de la materia prima (leña) se realizó de acuerdo al programa de manejo forestal maderable de nivel simplificado de *N. glandulosa* (Mezquite) autorizados por la SEMARNAT en los ejidos Revolución y Francisco R. Serrano, BC. La tecnología generada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en producción de carbón vegetal a través de hornos metálicos promueve el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, el cual permite optimizar la productividad en la elaboración del carbón con hornos de tipo CEVAG (Ríos y Gómez, 2022).

En la transferencia de la tecnología se capacitó a 35 productores en total, entre hombre y mujeres, de los ejidos Revolución y Francisco R. Serrano, Ensenada, BC., en la elaboración de carbón vegetal mediante el uso de hornos metálicos tipo CEVAG, dando nuevas oportunidades de trabajo para el aprovechamiento sustentables de sus recursos naturales. Además, la transferencia del conocimiento se realizó a 25 productores de los ejidos 16 de septiembre, Poblado Aserradero, Puerta Trampa y Ojos Negros. Además, se incrementaron los beneficios económicos dando valor agregado al producto mediante el etiquetado del mismo.

Los rendimientos obtenidos en el Ejido Revolución y Francisco R. Serrano fueron de 690 kg en promedio y con un tiempo de carbonización promedio de 48 horas más 24 horas de apagado. Gómez *et al*., 2020 mencionan que el rendimiento medio es de 500 a 600 kilogramos de carbón mediante el uso de los hornos CEVAG. Un proceso de carbonización controlada y eficiente es esencial para la producción de carbón vegetal de alta calidad, ya que permite obtener un producto final que cumple con los estándares deseados

en términos de propiedades físicas y químicas (Ruiz y Mijangos-Ricárdez, 2023). Sin embargo, se requieren análisis de calidad de carbón para conocer las propiedades.

Conclusiones

El paquete tecnológico para la elaboración de carbón vegetal de mezquite con el horno metálico tipo CEVAG fue transferido a los Ejidos Revolución y Francisco R. Serrano del estado de Baja California. Los rendimientos obtenidos fueron de 690 kg de carbón con un tiempo de carbonización promedio de 48 horas más 24 horas de apagado; sin embargo, se requieren análisis de calidad para conocer sus propiedades.

Referencias bibliográficas

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (2024). Catálogo de Paquete Tecnológicos Forestales 2025. CONAFOR, México. 123 pp.

Gómez-Mercado, R., Ríos-Saucedo, J., Ávila-Casillas, E., Rosales-Mata, S. (2020) Producción de carbón vegetal de encino en horno metálico tipo CEVAG en Baja California. Folleto para productores No. 68. INIFAP.

Márquez F. (2001). Estudio del potencial energético de biomasa *Pinus caribaea* (Pc) y *Pinus tropicalis* (Pt); *Eucalyptus saligna* (Es), *Eucalyptus citridora* (Ec) y *Eucalyptus pellita* (Ep) de la provincia de Pinar del Río. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente 7(1):83-89 p.

Ríos, S. J. y Gómez, M. (2022). Tecnología para la producción de carbón vegetal con horno metálico tipo CEVAG, ideal para mercado de exportación. https://www.gob.mx/inifap/articulos/tecnologia-para-la-produccion-de-carbon-vegetal-con-horno-metalico-tipo-cevag-ideal-para-mercado-de-exportacion

Rodríguez, S. E. N., Rojo, M. G. E., Ramírez, V. B., Martínez, R. R., Cong, H. M. C., Medina, T. S. M. y Piña, R. H. H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. Ex Willd.) En México. Ra Ximhai 10(3): 173-193.

Ruiz, A. F. y Mijangos-Ricárdez, O. F. (2023). El carbón vegetal: proceso de producción, calidad y rendimiento. Noticia Forestal 4: 1-10.

INFLUENCIA DE LA PROPORCIÓN DE MADERA TEMPRANA Y TARDÍA EN PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Pinus patula* Schl. et Cham

José Amador Honorato-Salazar[1]*, Román Rodríguez Justino[2]

[1]Campo Experimental San Martinito, CIR-Golfo Centro, INIFAP.
[2] Universidad de la Sierra Juárez

*Autor para correspondencia: honorato.amador@inifap.gob.mx

Palabras clave: Anillo de crecimiento, densidad, contracciones

Introducción

La calidad de la madera está determinada por sus propiedades anatómicas, físicas y mecánicas, las cuales están estrechamente relacionadas a factores de crecimiento como el número de anillos anuales y la proporción relativa de madera temprana (MTe) y tardía (MTa). Estas características influyen de manera directa en las propiedades físicas como la densidad, las contracciones dimensionales y el comportamiento anisotrópico de la madera (Kretschmann y Cramer, 2007; Pritzkow et al., 2014).

Los anillos de crecimiento anuales se forman a partir de la actividad del cambium vascular y reflejan tanto condiciones ambientales como fisiológicas del árbol. En climas estacionales bien definidos, como las zonas templadas o frías, los anillos están compuestos por madera temprana, formada al inicio de la estación de crecimiento y caracterizada por traqueidas de paredes delgadas y lúmenes amplios, y por madera tardía, que se forma al final del ciclo vegetativo, con traqueidas de paredes gruesas y lúmenes pequeños (Björklund et al., 2017). Esta diferenciación intraanual tiene implicaciones funcionales: la MTe contribuye principalmente al transporte de agua, mientras que la MTa proporciona soporte mecánico (Kretschmann y Cramer, 2007; Björklund et al., 2017).

La proporción relativa de MTe y MTa dentro de un anillo varía con factores como la edad del árbol, el clima y la posición radial de la muestra (Goche et al. 2011). Se ha observado que, con el aumento de la edad, disminuye el grosor de los anillos y la proporción de madera temprana, mientras que la formación de madera tardía se incrementa, generando un aumento progresivo de la densidad básica desde la médula hacia la corteza (Pritzkow et al., 2014). Este patrón de desarrollo implica una variación significativa en las propiedades físicas de la madera a lo largo del crecimiento del árbol.

Estudios en cilindros de incrementos (Goche et al. 2011; Pritzkow et al., 2014) o en muestras pequeñas (Kretschmann y Cramer, 2007) han demostrado que la densidad de la madera se relaciona con diferentes componentes anatómicos: en la MTe, predomina la influencia del tamaño celular (diámetro del lumen), mientras que, en la MTa, las dimensiones de la pared celular son el principal determinante (Björklund et al., 2017).

Comprender el efecto de la MTe y MTa en las propiedades físicas de especies mexicanas es importante para evaluar la calidad tecnológica de la madera y su idoneidad para distintos usos industriales, sobre todo en especies con amplia distribución y más utilizadas en plantaciones comerciales forestales, como *Pinus patula*.

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia del número de anillos de crecimiento y de las proporciones de madera temprana y tardía en la densidad básica, las contracciones radial, tangencial, longitudinal y volumétrica, así como en la relación de anisotropía de la madera de *Pinus patula*.

Materiales y métodos

Se seleccionaron y derribaron seis árboles sanos, de fuste recto y con escasa ramificación de Pinus patula, ubicados en el área de aprovechamiento 5-M-2010 (17°24'50.58"N, 96°26'48.87"O), en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. De cada árbol se cortaron secciones transversales de 5 cm de grosor a tres alturas del fuste: 0.30, 7.5 y 20 m. A partir de la parte central de cada rodaja, se cortaron tiras en forma de cruz de 5 cm de ancho, de las cuales se obtuvieron piezas con dimensiones de 5 (R) cm × 4 (T) cm × 2 (L) cm, eliminando aquellas que presentaban médula, nudos, grietas o inclusiones de corteza. En total, se obtuvieron 167 piezas libres de defectos.

Todas las piezas fueron etiquetadas con lápiz indeleble, considerando el número de árbol, la altura, el cuadrante y la posición radial. Posteriormente, se marcaron los puntos de medición en las tres direcciones anatómicas y las piezas se saturaron en agua destilada hasta alcanzar peso constante.

Una vez saturadas, el volumen de cada pieza se determinó por desplazamiento de agua, las dimensiones se midieron con un vernier digital y el peso se registró en una balanza analítica. Las muestras se secaron a temperatura ambiente durante 15 días y, posteriormente, en una estufa a 103 ± 2 °C hasta alcanzar peso constante. Luego se enfriaron en un desecador con sílica gel durante 15 minutos y se registraron nuevamente sus dimensiones y peso.

Las piezas se acondicionaron a temperatura ambiente en el laboratorio hasta alcanzar nuevamente peso constante. Luego, se lijó secuencialmente la sección transversal con lijas de grano 80, 120 y 240, con el objetivo de resaltar los anillos de crecimiento y facilitar la distinción entre madera temprana y tardía. Posteriormente, se midieron de nuevo, se contaron los anillos de crecimiento y se escanearon las secciones transversales a una resolución de 300 dpi.

Las imágenes se procesaron con el software ImageJ, convirtiéndolas a escala de grises de 8 bits y segmentándolas según sus niveles de gris para separar visualmente la madera temprana de la tardía y calcular el área de cada tipo de madera. Con base en el área correspondiente a cada tipo de madera y la dimensión longitudinal de las piezas, se calculó la proporción volumétrica de madera temprana y tardía.

La densidad básica, las contracciones totales lineal y la relación de anisotropía, se calcularon utilizando las siguientes expresiones (Suchsland, 2004):

$$Db = \frac{P_0}{V_s} \text{ x } 1000 \quad (1)$$

$$\text{Contracción lineal (\%)} = \left(\frac{(\text{Di} - Df}{\text{Di}}\right) \text{ x } 100 \quad (2)$$

$$C_v \text{ (\%)} = 100[1 - (1 - 0.01\,\text{Cr})(1 - 0.01\text{Ct})(1 - 0.01\text{Cl})] \quad (3)$$

$$RA = \frac{Ct}{Cr} \quad (4)$$

donde:

Db = Densidad básica (kg/m^3), P_0 = Peso anhidro, V_s = Volumen saturado, Di y Df = Dimensiones inicial (saturada) y final (anhidra), respectivamente, C_v = Contracción volumétrica, Cr, Ct y Cl = Contracciones radial, tangencial y longitudinal, y RA = Relación de anisotropía.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar las relaciones entre las características de crecimiento (número de anillos, proporciones de madera temprana y tardía) y las propiedades físicas de la madera. Se consideraron estadísticamente significativos los coeficientes con un valor de probabilidad menor a 0.05. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SAS.

Resultados y discusión

Los resultados indicaron que el número de anillos de crecimiento se correlacionó positivamente (Cuadro 1) con la proporción de madera tardía ($r = 0.43582$, $p < 0.0001$) y con la densidad básica ($r = 0.52581$, $p < 0.0001$), sugiriendo que los anillos más anchos contienen mayor proporción de MTa y, por tanto, presentan mayor densidad, lo cual difiere de la tendencia reportada (Pritzkow et al., 2014) de que anillos angostos suelen mostrar una mayor proporción de MTa. Además, estos anillos mostraron mayores contracciones radial, tangencial y volumétrica.

La proporción de madera tardía mostró ser el factor más determinante en la calidad física de la madera. Una mayor proporción de MTa se asoció con mayor densidad básica ($r = 0.7795$, $p < 0.0001$), y contracción radial ($r = 0.4594$, $p < 0.0001$) y volumétrica ($r = 0.4214$, $p < 0.0001$), pero con menor relación de anisotropía ($r = 0.77947$, $p < 0.0001$), mientras que la madera temprana mostró el comportamiento opuesto. Este comportamiento se atribuye a las diferencias anatómicas entre MTe y MTA, donde esta última presenta células con paredes más gruesas y menor lumen, lo que aumenta la cantidad de sustancia leñosa (Kretschmann & Cramer, 2007; Björklund et al., 2017).

La densidad básica presentó correlaciones positivas con las contracciones radial, tangencial y volumétrica, y una relación inversa con la anisotropía, lo cual se explica por el mayor contenido de pared celular en maderas densas, que genera mayor contracción durante el secado (Kretschmann y Cramer, 2007; Pritzkow et al., 2014).

Finalmente, se confirmó que la anisotropía está estrechamente relacionada con las contracciones radial y tangencial. La fuerte correlación negativa con la contracción radial y positiva con la tangencial refleja la influencia de estas variables en la relación matemática que define la anisotropía, un comportamiento también reportado para otras coníferas (Björklund et al., 2017).

Cuadro 1. Coeficientes de correlación Pearson.

	NA	PMTE	PMTA	DB	CR	CT	CL	CV	RA
NA	1								
PMTE	-0.4358 <.0001	1							
PMTA	0.4358 <.0001	-1 <.0001	1						
DB	0.5258 <.0001	-0.7795 <.0001	0.7795 <.0001	1					
CR	0.4794 <.0001	-0.4594 <.0001	0.4594 <.0001	0.4511 <.0001	1				
CT	0.4464 <.0001	-0.2754 0.0003	0.2754 0.0003	0.3158 <.0001	0.4107 <.0001	1			
CL	-0.0561 0.4716	0.0342 0.6606	-0.0342 0.6606	0.0404 0.6038	-0.3256 <.0001	-0.1107 0.1542	1		
CV	0.5486 <.0001	-0.4214 <.0001	0.4214 <.0001	0.4543 <.0001	0.7544 <.0001	0.9005 <.0001	-0.1293 0.0958	1	
RA	-0.1820 0.0186	0.3326 <.0001	-0.3326 <.0001	-0.2447 0.0014	-0.7645 <.0001	0.2197 0.0043	0.3065 <.0001	-0.1929 0.0125	1

Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0. NA=Número de anillos, PMTE=Proporción de madera temprana, Proporción de madera tardía (PMTa), DB=Densidad básica (DB) (kg/m^3), CR=Contracción radial (%), CT=Contracción tangencial (%), CL=Contracción longitudinal (%), Contracción volumétrica (%), RA=Relación de anisotropía

Conclusiones

El número de anillos y la proporción de madera tardía influyen significativamente en la densidad básica y las contracciones de la madera de *Pinus patula*. La madera tardía tiene la mayor influencia en la densidad y las contracciones debido a la presencia de un mayor contenido de sustancia leñosa. Asimismo, la madera con mayor densidad y proporción de MTa presenta menor anisotropía, lo que implica un comportamiento dimensional más estable.

Referencias bibliográficas

Björklund, J., Seftigen, K., Schweingruber, F., Fonti, P., von Arx, G., Bryukhanova, M. V., Cuny, H. E., Carrer, M., Castagneri, D. and David C. Frank, D. C. (2017). Cell size and wall dimensions drive distinct variability of earlywood and latewood density in Northern Hemisphere conifers. *New Phytologist*, 216(3), 728–740. https://doi.org/10.1111/nph.14639

Goche, T. J. R.; Velázquez, M. A.; Borja, A. M.; Capulín, G. J.; Palacios, M. C. (2011). Variación radial de la densidad básica en *Pinus patula* Schltdl. et Cham. de tres localidades en Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2*(7), 71-78.

Kretschmann, D. E., & Cramer, S. M. (January 2007). *The role of earlywood and latewood properties on dimensional stability of loblolly pine*. Proceedings of the compromised wood workshop. Christchurch, New Zealand: Wood Technology Research Centre, School of Forestry, University of Canterbury. https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf2007/fpl_2007_kretschmann002.pdf.

Pritzkow, C., Heinrich, I., Grudd, H. and Helle, G.(2014). Relationship between wood anatomy, tree-ring widths and wood density of *Pinus sylvestris* L. and climate at high latitudes in northern Sweden. *Dendrochronologia, 32*(4), 295–302. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2014.07.003

Suchsland, O. (2004). *The swelling and shrinking of wood. A practical technology primer*. Forest Products Society.

COEFICIENTE DE ASERRÍO Y VARIACIÓN DE CORTE DE *Abies religiosa* EN EL ASERRADERO PIEDRA ANCHA, CHIGNAHUAPAN, PUEBLA

Martha Elena Fuentes-López[1*], Juan Quintanar-Olguin[1], Neli Nisarindani Hernández-López, Juan Carlos Tamarit-Urias[1], Rogelio Flores-Velázquez[2]

[1]Campo Experimental San Martinito, CIRGOC, INIFAP, [2]CENID COMEF, INIFAP.

*Autora para correspondencia: fuentes.martha@inifap.gob.mx

Palabras clave: coeficiente de aprovechamiento, eficiencia, dimensión óptima.

Introducción

La industria maderera en México presenta ineficiencias en la producción de madera aserrada e inconsistencias en la cantidad y calidad de los productos generados. Para lograr que los aserraderos se consoliden como industria y su actividad principal sea sostenible y productiva, deben atenderse sus ineficiencias. La mayoría de las empresas dedicadas al aserrío de maderas, poseen maquinaria y equipos de bajo nivel tecnológico, con bajos rendimientos y baja calidad de la producción, lo cual también ejerce mayor presión a los bosques y selvas de México. En los ejidos, las directivas ejidales vigentes de las industrias no consideran pertinente realizar el mantenimiento preventivo y evaluaciones constantes de su maquinaria, que, con el paso del tiempo y el uso, tienden a generar productos deficientes y pérdidas para la empresa, ni análisis continuos de calidad de madera aserrada que permitan optimizar el proceso. Para medir la eficiencia en la industria maderera, deben realizarse coeficientes de aserrío periódicos, es decir, la conversión de una unidad de volumen de madera en rollo a productos aserrados (Lira, 2022). Un coeficiente de aserrío determina los rendimientos porcentuales de producto útil (o madera aserrada comercial), tabletas, residuos sólidos (tiras, recortes y costera) y aserrín. Bajo este enfoque Fuentes-López et al. (2018) sugieren que se empleen las mejores prácticas de asierre para minimizar la proporción de residuos e incrementar la productividad y competitividad en los aserraderos. En el presente estudio se seleccionó un ejido con un aserradero “de empujón” con las siguientes características sierra principal tipo I, diámetro de volantes de 1.10 m con cuatro pulgadas de ancho de pista. Sierra cinta de 6.9 m de longitud, 10.47 cm de ancho, calibre 17. Una pulgada de paso de diente y profundidad de garganta de ½ pulgada. Se planteó como objetivo determinar el coeficiente de aprovechamiento y la variación de corte en la madera aserrada, como herramienta útil para conocer su eficiencia y productividad.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el aserradero ejidal Piedra Ancha Segunda Ampliación perteneciente al municipio de Chignahuapan, Puebla, localizado dentro del macizo forestal, que comprende la Sierra Madre Oriental entre los límites de Puebla con el estado de Hidalgo, a una altura de 2 714 msnm de latitud norte 19.802988 y longitud oeste -98.2254609. El Ejido cuenta con la certificación de Forest Stewardship Council (FSC) y se integra por 42 ejidatarios, su superficie es aproximadamente de 910.755 hectáreas, de estas 831.566 son forestales, el volumen total autorizado es de 7 360 m³ mayoritariamente de pino y en menor proporción oyamel. Se analizó la eficiencia del aserradero considerando los indicadores de coeficiente de aprovechamiento y la variación de corte en el aserrío. Se utilizó una muestra de 20 trozas de la especie *Abies religiosa* (oyamel) en largos comerciales de 8 pies de longitud y diámetros promedio de 30 cm, conforme a la disponibilidad de madera y las facilidades del ejido. Las tablas se aserraron en medidas comerciales con anchos variables de 4, 6, 8, 10 y 12 pulgadas, de 8 pies de longitud y grosor nominal a ¾ de pulgada (19.05 mm). de grosor nominal. Para evaluar la calidad dimensional (variación de corte) se utilizaron 100 tablas de diferentes anchos y 25 mm. Se determinó la dimensión óptima de corte en grueso, la dimensión crítica y el porcentaje de pérdidas con respecto al volumen total, además de generar gráficas de control para determinar la eficiencia del proceso. El volumen de residuos se determinó formando un cuadrado con los recortes y tiras de los trozos aserrados, se midió su altura, ancho, largo y se aplicó un factor de 0.5.

Resultados y discusión

Se aserró un volumen total de 4.4 m³r de los que se obtuvo un volumen real aserrado de 2.4 m³ y un volumen nominal aserrado de 1.73 m³. En términos prácticos, el coeficiente de aprovechamiento real

obtenido indica que, del volumen total de trozas, la cantidad útil transformada a madera aserrada es de 54.55%, y el coeficiente de aprovechamiento comercial indica que, del volumen total de trozas, el volumen de venta de madera aserrada es de 39.32% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coeficiente de aprovechamiento de *Abies religiosa*.

Productos y subproductos	Valores promedio (m)			Volumen aserrado	Coeficiente
	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)	(m^3a)	(%)
Volumen real aserrado				2.404	54.55
Volumen comercial aserrado				1.728	39.32
Tiras y recortes	2.57	0.673	0.63	0.545	12.48
Costera	2.57	1.478	0.53	1.006	22.9
Aserrín				0.446	10.07

Los factores que mayor percusión tuvieron en la variación de los rendimientos fue la conicidad de cada troza, siendo que algunas presentaron algún grado de tortuosidad, la frecuencia de diámetros entre 22 y 38 cm, las decisiones operativas y el equipo utilizado (Borz et al., 2021). Los valores relacionados con la variación de corte en grueso de tablas se muestran en el Cuadro 2. Esta variación tiene el mayor impacto en el rendimiento, ya que en el corte de una pieza de madera de una pulgada de grueso representa aproximadamente un 4% de su volumen. En general, la variación en el corte de madera aserrada se ve afectada por la desviación estándar total del proceso (St), y las desviaciones estándar dentro de las tablas (Sw) y entre tablas (Sb), empleando la metodología de 10 puntos señalada por Brown (1986).

Cuadro 2. Variación del proceso de aserrío para 19.05 mm (3/4") de grueso nominal en *Abies religiosa*.

Especie	No. piezas	Media (mm)	Sw dentro de tablas (mm)	Sb Entre tablas (mm)	St Total (mm)	Dimensión óptima (Do mm)	Do media (mm)
Abies religiosa	100	25.71	0.529	0.608	0.806	23.38	-2.33

De este estudio, se obtuvo una St de 0.806 mm, que indica problemas en el proceso de corte, causando una dispersión mayor en las dimensiones finales de las tablas, que puede atribuirse a la falta de precisión en la maquinaria o un efecto del factor humano durante el aserrado; una Sw baja (0.529 mm) que indica que las dimensiones de las tablas fueron más consistentes, esto es, que la variación en el grueso fue relativamente pequeña. El valor de la Sb (0.608 mm) señala el grado de variabilidad entre diferentes tablas, es decir, que unas tablas se aserraron más gruesas que otras. Esto pudo deberse a problemas de alimentación de la madera a la sierra.

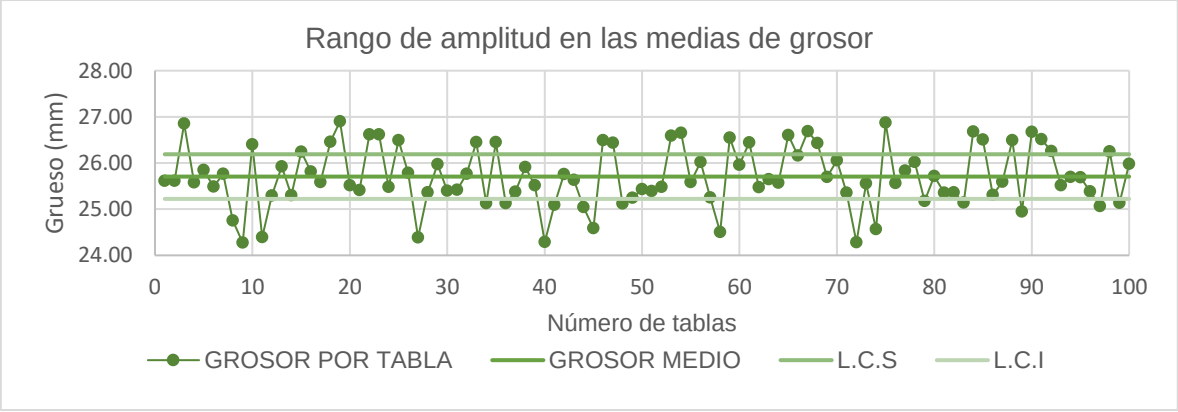


Figura 1. Rangos de amplitud de la media del grueso en tablas de *Abies religiosa.*

En general, se observó que la variación del grueso de las tablas aserradas registró valores en un rango de 23.26 a 28.03 mm en madera verde. Una forma práctica de identificar la eficiencia del proceso es por medio de gráficas de control de la media del grueso de las tablas (Figura 1), que permiten sintetizar la información y detectar las fallas. En acuerdo con Zavala (1991) que señala que, si los valores de algunas observaciones de la muestra caen fuera de los límites con respecto a la tendencia central, el proceso se considera que está fuera de control, dando como resultado un sobredimensionado o un sub dimensionado de tablas. De este estudio se obtuvo que todas las observaciones de la media se encuentran fuera de los límites inferior y superior, 27 piezas sobreestimadas y 19 piezas subestimadas, que tiene repercusiones en pérdidas económicas para la empresa. Con respecto a la dimensión óptima calculada (Cuadro 3) se observa que el promedio en grosor se encuentra por arriba con 2.33 mm, lo que sugiere que las piezas muestreadas en su mayoría son superiores en dimensión, teniendo una pérdida de volumen de madera y en recursos económicos ya que el costo del volumen de refuerzo es absorbido por la industria y equivale a 3.223 % del volumen total aserrado.

Cuadro 3. Dimensión óptima de corte para el grueso nominal de ¾” en *Abies religiosa*.

Parámetro	
Grosor medio (mm)	25.71
Dimensión final (mm)	19.05
Dimensión óptima (mm)	23.38
Dimensión critica (mm)	22.05
Pérdida en porcentaje con respecto al volumen total (%)	3.223

Conclusiones

En la transformación primaria de *Abies religiosa*, sólo es posible obtener retribuciones económicas en el 40% de su volumen comercial con las especificaciones del cliente y el 60% restante corresponde a residuos. La variación de corte en el proceso de asierre de *Abies religiosa* medida a través de la desviación estándar total, sugiere enfocar la atención en el proceso de corte, que puede implicar la calibración de la maquinaria o mejoras en el método de corte, para disminuir la variación de éste y mejorar la calidad de la madera aserrada. La dimensión óptima de corte para *Abies religiosa* señala que existen pérdidas económicas por 32.23 pies tabla (pt) en cada millar aserrado, que significan 354.56 pt en la producción semanal, valor significativo cuando se traslada a una producción mensual o anual.

Agradecimientos

Al aserradero ejidal de Piedra Ancha, Segunda ampliación, Chignahuapan, Puebla, por el apoyo y las facilidades brindadas en la realización del presente estudio.

Fuente financiadora. INIFAP.

Referencias bibliográficas

Borz, S. A., Oghnoum, M., Marcu, M. V., Lorincz, A., & Proto, A. R. (2021). Performance of small-scalle sawmilling operations: A case study on time consumption, productivity and main ergonomics for a manually driven bandsaw. Forests 12(6), 810-820.

Brown T. (1986). Lumber size control. Corvallis, Oregon, USA. Oregon State University. 23 p. https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/d504rm277

Fuentes-López, M. E.; Suárez-Patlán, E. E.; Carrillo-Ávila, N. & Flores-Velázquez, R. (2018). Coeficiente de aprovechamiento en un aserradero ejidal del estado de Puebla. Revista de Investigación y Desarrollo. México. 4(14): 32-38 p.

Lira-González, D. E. (2022). Técnicas para determinación de coeficientes de aserrío. Bozkia. México. Segunda Edición. 203 p.

Zavala-Zavala, D. (1991). Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. (44).

OTRO MÓDULO DE ELASTICIDAD DINÁMICO PARA ESTIMAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE PINO

Marcos Miguel González Peña[1]*, Marimar Hernández Santos[1], Olga Valerio Marín[1]

[1]División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo

*Autor para correspondencia: magonzalezp@chapingo.mx

Palabras clave. Ensayos no destructivos, vibroacústica, resonancia.

Introducción

Los ensayos no destructivos de las propiedades mecánicas de la madera se han desarrollado para superar las limitaciones de la evaluación mecánica estática, como la destructividad, las dimensiones mínimas requeridas para analizar los especímenes analizados, y la dificultad de realizar la caracterización estática de la madera en servicio, o en el arbolado en pie. Los métodos más utilizados para la evaluación no destructiva de la madera son los que utilizan la medición de la frecuencia natural: el método de resonancia, y el método de tiempo de vuelo (Schimleck *et al.*, 2019). En ambos métodos, la ecuación para calcular el módulo de elasticidad dinámico demanda el conocimiento de la densidad de la madera. El objetivo del presente trabajo fue analizar el potencial de los métodos no destructivos para la caracterización física y mecánica de la madera de pino y, en particular, se exploró la posibilidad de estimar diecinueve propiedades mecánicas y físicas del material, utilizando métodos vibroacústicos, pero sin el prerrequisito de determinar la densidad de la madera.

Materiales y métodos

Se suministraron once tablones de pino de diferentes aserraderos del centro de la república, con un rango amplio de densidad básica (0.36 - 0.61 g cm^{-1}), de donde se cortaron 111 especímenes libres de defectos de 25.4 mm x 25. 4 mm x 500 mm (*r* x *t* x *l*). Una vez acondicionados al ambiente del laboratorio (50% ± 3% HR a 20°C ± 2°C), a un contenido de humedad en equilibrio del 10.4%, se determinaron diez parámetros no destructivos de los especímenes: velocidad de transmisión de una onda sonora en dirección axial, tangencial y radial, la primera vibración fundamental en un análisis vibroacústico, las durezas Janka, Brinell y Monnin, el contenido de humedad en equilibrio, el número de anillos de crecimiento por centímetro, y la proporción de la madera tardía en la sección transversal. Se determinaron además las siguientes propiedades físicas de los especímenes: densidades verde, normal, anhidra y básica, contracciones lineales en las tres direcciones típicas, contracción volumétrica, relación de anisotropía de las contracciones lineales, y el punto de saturación de la fibra teórico de los especímenes. Con los parámetros de la frecuencia natural, la dureza y la densidad, se calcularon tres módulos de elasticidad dinámicos: el MOE_d, computado a partir de la velocidad de transmisión del sonido con la ecuación clásica de Newton-Laplace (Niemz y Mannes, 2012), el MOE_D, computado a partir de la primera vibración fundamental (Haines *et al.*, 1996), y el MOE_N, computado con una nueva ecuación que incluye tanto la velocidad de transmisión de la onda sonora como la frecuencia fundamental de la vibración, pero sin la necesidad de medir la densidad del material, utilizando la siguiente ecuación:

$$MOE_N = \frac{0.946\,\Delta f^2 L^4}{h^2}$$

Donde *f* es la frecuencia fundamental de la vibración, *L* y *h* son la longitud y el peralte del espécimen, respectivamente, y *Δ* es un estimador de la densidad básica del material, que se obtiene del análisis de la relación de la dureza como medida subrogada del módulo de elasticidad estático, MOE, al despejarla de la ecuación de Newton-Laplace, de la siguiente manera:

$$\Delta = b_1 \frac{Hardness}{V^2}$$

Donde *Hardness* es una medida de la dureza del material, *V* es la velocidad de transmisión del sonido,

y b_1 es una constante empírica para madera de pino obtenida por regresión no lineal del MOE en función de la dureza. Por otro lado, se realizaron los ensayos mecánicos destructivos en flexión (cinco parámetros, n = 63), compresión axial (dos parámetros, n = 25), y tracción axial (dos parámetros, n = 23) de acuerdo con la norma ASTM D143 (ASTM, 1994). Los modelos para estimar nueve propiedades mecánicas y diez propiedades físicas de la madera se obtuvieron por regresión lineal simple, utilizando cada módulo de elasticidad dinámico como variable independiente; la comparación de medias se realizó con un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una comparación múltiple con el procedimiento de Duncan (α =0.05). Después se utilizó regresión lineal múltiple para estimar propiedades físicas y mecánicas, con los diez parámetros no destructivos analizados como variables independientes en las rutinas *Por pasos*, *Hacia atrás* y *Hacia adelante* del programa estadístico SPSS, de donde se seleccionó el mejor modelo de acuerdo con el coeficiente de determinación. Todos los modelos reportados fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

En el ensayo de flexión, no se encontró una diferencia significativa entre las medias del módulo de elasticidad estático (MOE), y el MOE_D y el MOE_N, mientras el MOE_d fue significativamente menor (Figura 1). En el ensayo de compresión axial no se encontró diferencia significativa entre el MOE, y los tres módulos dinámicos. En el ensayo de tracción axial no se encontró una diferencia significativa entre las medias del MOE, el MOE_D y el MOE_N, mientras el MOE_d fue significativamente mayor al MOE. Los parámetros no destructivos mostraron una alta capacidad predictiva del MOE, especialmente en el ensayo de flexión, donde el mejor modelo de regresión múltiple alcanzó un R^2 = 0.932, y se pudo clasificar correctamente el 97% de las probetas en su cuartil correspondiente de elasticidad.

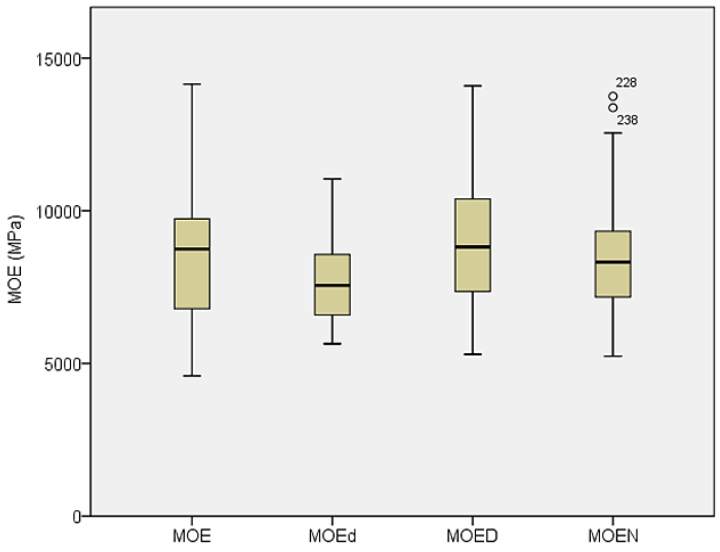


Figura 1. Comparación del MOE experimental con los módulos de elasticidad dinámicos en el ensayo de flexión.

En lo que respecta a la resistencia mecánica en flexión, no se determinó una diferencia significativa entre el módulo de ruptura (MOR) del ensayo estático, y el MOR calculado utilizando el MOE o los MOEs dinámicos como variable independiente (Figura 2). Las mejores estimaciones para el MOR tuvieron un R^2 = 0.374 para el modelo de regresión simple, con MOE_N como regresor, y de R^2 = 0.701 para el modelo de regresión lineal múltiple. Los mejores modelos de regresión múltiple para estimar la resistencia a la compresión y a la tracción axial tuvieron R^2 de 0.830 y 0.702, respectivamente. Finalmente, se encontraron modelos de regresión múltiple significativos para estimar las propiedades físicas de la madera con los parámetros no destructivos, como la densidad básica (R^2 = 0.825), la contracción volumétrica (R^2 = 0.429), y el punto de saturación de la fibra (R^2 = 0.365).

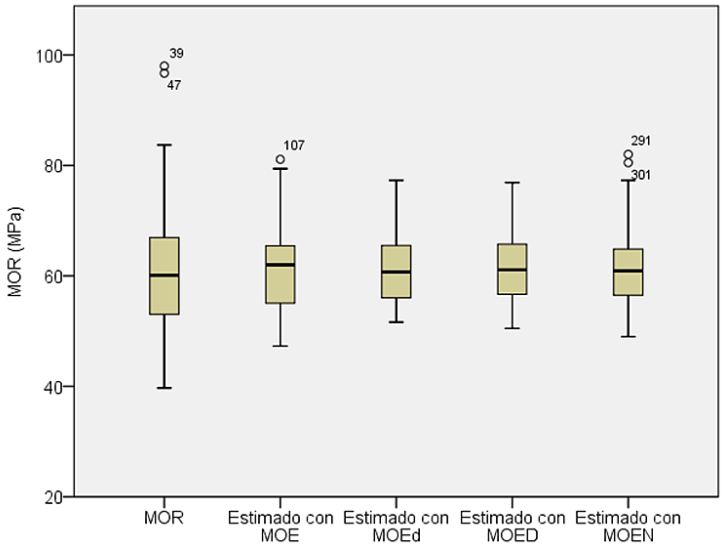


Figura 2. Comparación del módulo de ruptura (MOR) del ensayo de flexión, y las estimaciones del MOR con el módulo de elasticidad experimental (MOE) y con los MOEs dinámicos.

Conclusiones

Se desarrolló una nueva ecuación para calcular el módulo de elasticidad dinámico sin necesidad conocer la densidad del material, relacionando la velocidad de transmisión del sonido con la dureza de la madera. Se mostró además que los métodos no destructivos basados en la frecuencia fundamental permiten estimar con precisión el módulo de elasticidad estático, especialmente en el ensayo de flexión, y que también es posible estimar la resistencia a la flexión, a la compresión y a la tracción axiales, así como todas las demás propiedades físicas y mecánicas aquí caracterizadas, utilizando para la modelación los parámetros no destructivos de este estudio.

Referencias bibliográficas

American Society for Testing and Materials (ASTM International). (2025). *Standard method of testing small clear specimens of timber* (ASTM D 143). doi.org/10.1520/D0143-25

Haines, D. W., Leban, J. M., & Herbé, C. (1996). Determination of Young`s modulus for spruce, fir and isotropic materials by the resonance flexure method with comparisons to static flexure and other dynamic methods. *Wood Science and Technology*, 30(4), 253-263. https://doi.org/10.1007/BF00229348

Niemz, P., & Mannes, D. (2012). Non-destructive testing of wood and wood-based materials. *Journal of Cultural Heritage*, 13(3), 26-34. https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.04.001

Schimleck, L., Dahlen, J., Apiolaza, L. A., Downes, G., Emms, G., Evans, R., Moore, J., Pâques, L., Van den Bulcke, J., & Wang, X. (2019). Non-destructive evaluation techniques and what they tell us about wood property variation.*Forests*, *10*(9), 728. https://doi.org/10.3390/f10090728



ÁREA ACUÍCOLA Y PESQUERA

60ª | Reunión científica

2025 • SAN LUIS POTOSÍ

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

Comité Científico del Área Acuícola y Pesquera

PRESIDENTE

Dr. Víctor Manuel Vidal Martínez

EDITORES

M. en C. Ingrid Hernández Villareal

M. en C. Hiram Castro Garibay

Ing. Amb. Raquel Galindo Sosa

Revisores

M. en C. Luz María Torres Rodríguez	IMIPAS
M. en C. Juan Antonio Tello Ballinas	IMIPAS
MVZ Juan Carlos Espinosa Guia	IMIPAS
Biól. Lucero Angélica De La Cruz Salas	IMIPAS
M. en C. Israel López Poblete	IMIPAS
Dra. Norma Angélica López Téllez	IMIPAS
M. en C. Karen Viviana Urías Padilla	IMIPAS
M. en C. Rodrigo Martínez Moreno	IMIPAS
Dr. Adrián Gutiérrez Cervantes	Instituto tecnológico de Boca del Río
M. en C. Ingrid Hernández Villareal	IMIPAS
Dra. María de los Ángeles Peralta Martínez	IMIPAS
Dra. Ma. Teresa Gaspar Dillanes	IMIPAS

Área Acuícola y Pesquera

CARACTERIZACIÓN MICROBIANA DE LA RIZÓSFERA DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO CON TILAPIA *(Oreochromis niloticus)* Y JITOMATE *(Solanum lycopersicum)* MEDIANTE ANÁLISIS METAGENÓMICO 1940

PRODUCCIÓN DE *Daphnia pulex* EN EL LABORATORIO UTILIZANDO LAS MICROALGAS *Scenedesmus* sp. Y *Pinnularia* sp. CON LEVADURA COMO SUPLEMENTO 1944

PRODUCCIÓN DE *Artemia franciscana* CULTIVADA EN EL LABORATORIO CON *Pinnularia sp., Porphyridium sp.* y *Dunaliella sp.* CON UN SUPLEMENTO DE LEVADURA. 1948

CULTIVO DE TILAPIA PARGO UNAM EN BIOFLOC A BAJA SALINIDAD Y A DIFERENTES DENSIDADES EN LABORATORIO..... 1952

PRODUCCIÓN DE *Artemia franciscana* ALIMENTADA CON *Porphyridium cruentum* y *Pinnularia* sp. A DIFERENTES CONCENTRACIONES A NIVEL LABORATORIO..... 1956

COMPARACIÓN DE GANANCIA EN TALLA, PESO, TCA, TIC, KM, Y EFICIENCIA ALIMENTARIA DE LA TILAPIA PARGO UNAM CULTIVADO EN BIOFLOC E INCORPORACIÓN DE LAS MICROALGAS *Scenedesmus* sp. Y *Pinnularia* sp. 1960

EFECTO DE LA SELECCIÓN SOBRE FRECUENCIAS ALÉLICAS DE SNPS ASOCIADOS CON RESISTENCIA AL SÍNDROME DE MANCHA BLANCA EN *LITOPENAEUS VANNAMEI* 1964

INFLUENCIA DE LA SALINIDAD EN EL CRECIMIENTO CELULAR DE Porphyridium cruentum BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO 1968

EVALUACIÓN DE LA RESTRUCTURACIÓN POBLACIONAL SOBRE LA INHIBICIÓN SOCIAL DEL CRECIMIENTO EN LA ETAPA DE CRIANZA DE *BETTA SPLENDENS*..... 1971

CURVAS DE CRECIMIENTO DE *BETTA SPLENDENS* EN CONDICIONES DE LABORATORIO Y PRODUCCIÓN COMERCIAL 1974

EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA SELECCIÓN DE MARCAS CORPORALES DE *Puntius tetrazona* EN CONDICIONES DE CAMPO..... 1978

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE TILAPIAS ALIMENTADOS CON RACIONES RESTRINGIDAS-COMPENSADAS 1982

HARINA DE PLÁTANO DOMINICO Y TAPIOCA COMO FUENTE DE CARBONO PARA EL CULTIVO DE BARBO TIGRE *Puntius tetrazona*, EN BIOFLOC..... 1986

HARINA DE LARVAS DE *Tenebrio molitor* COMO FUENTE DE CARBONO EN BIOFLOC PARA EL CULTIVO DE *Cambarellus montezumae* 1990

CARACTERIZACIÓN ACUÍCOLA DEL ESTADO DE CHIAPAS 1994

DIAGNÓSTICO ACUÍCOLA EN MUNICIPIOS PRIORITARIOS DEL ESTADO DE MÉXICO 1997

COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES ZOOPLANCTÓNICAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE *Heros severus* (HECKEL, 1840) EN UN SISTEMA BIOFLOC. 2000

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, BIENESTAR Y EFICIENCIA ALIMENTICIA DE *Astronotus ocellatus, Melanochromis* sp, *Cyprinus carpio* Y *Oreochromis niloticus* CULTIVADOS EN BIOFLOC. 2004

EFECTO DEL SEXO GENÓMICO SOBRE EL PESO CORPORAL Y SUPERVIVENCIA AL SÍNDROME DE MANCHA BLANCA EN POSTLARVAS DE *LITOPENAEUS VANNAMEI* 2008

ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RESISTENCIA AL SÍNDROME DE MANCHA BLANCA EN *LITOPENAEUS VANNAMEI*, CONSIDERANDO TIEMPO DE MUERTE Y CARGA VIRAL... 2011

HEREDABILIDAD PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS A LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO *(Litopenaeus vannamei)* 2015

ESTUDIO PRELIMINAR EN LA CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO DEL ESPERMA DE AJOLOTE *AMBYSTOMA SPP*: EVALUACIÓN DE MORFOLOGÍA POST–DESCONGELACIÓN..... 2018

CARACTERIZACIÓN MICROBIANA DE LA RIZÓSFERA DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO CON TILAPIA *(Oreochromis niloticus)* Y JITOMATE *(Solanum lycopersicum)* MEDIANTE ANÁLISIS METAGENÓMICO

Mayra Yadira Aguilar-Ramírez[1]*, José Pablo Lara-Ávila[1], Juan Carlos Rodríguez-Ortíz[1], Mauricio Jesús Romero-Méndez[1], Paola Elizabeth Díaz-Flores[2].

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, UASLP, [2]Facultad de Ciencias Químicas, UASLP.

*Autor para correspondencia: a166270@alumnos.uaslp.mx

Palabras clave: Acuaponía, abundancia taxonómica.

INTRODUCCIÓN:

El aumento en el crecimiento poblacional ha planteado el desafío de desarrollar sistemas integrales de alimentación que nos permitan satisfacer la alta demanda de alimentos de calidad que, a su vez, disminuyan el impacto ecológico y optimicen el uso de recursos naturales como es el uso del agua dulce. Actualmente más del 70% del agua disponible en nuestro país está destinada para el uso agrícola. En la acuacultura, para poder satisfacer la alta demanda de pescado, se ha recurrido a la aplicación de diversas prácticas como es el uso de antibióticos para disminuir las enfermedades, trayendo consigo un problema de salud pública. Estudios recientes han demostrado la presencia de partículas de antibióticos en el músculo del pez para consumo humano (Ljubojević Pelić et al., 2024) así como en las aguas residuales, generando además una resistencia a los antibióticos (Yuan et al., 2023). Asimismo, el aumento del uso de fertilizantes sintéticos y plaguicidas, como una medida para el aumento en la producción. La agricultura convencional ha provocado que, dichas prácticas sean la principal causa de la contaminación de mantos acuíferos a través de la lixiviación y contribuyendo a la generación de gases de efecto invernadero y a la contaminación. Bajo este panorama los sistemas acuapónicos representan una alternativa viable a esta problemática actual, dichos sistemas engloban la producción acuícola y la producción vegetal en un mismo tiempo y espacio. Permitiendo tener producción durante todo el año, reduciendo hasta en un 80% el uso del agua y disminuyendo el uso de antibióticos (Yep and Zheng, 2019). Entre las principales ventajas que representan estos sistemas integrales de alimentación, se encuentran la disminución en el uso de antibióticos sintéticos para control de enfermedades y la disminución en el uso de fertilizantes nitrogenados, ya que, al utilizar el excremento de los peces a través de las reacciones microbianas, nos permiten utilizar los nutrientes minerales disponibles. El estudio metagenómico nos permite conocer y caracterizar los microorganismos involucrados en las diferentes rutas metabólicas para poder monitorear y entender cómo funcionan estos sistemas (Ruiz et al., 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS:

El presente trabajo se realizó en el invernadero de Acuaponía perteneciente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se implementó un diseño experimental completamente al azar para 3 unidades experimentales, cada unidad experimental constó de un tanque acuícola de 1000 L con una capacidad de 50 alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*), un tanque de sólidos de 100 L, un biofiltro de 100 L con entrada independiente de oxígeno, una unidad hidropónica en sustrato (tezontle 70%, arena 20%, perlita 10%) con capacidad para 27 plantas de jitomate *Solanum lycopersicon* L. tipo saladet de crecimiento indeterminado y un sumidero para recaudar el efluente procedente de la unidad hidropónica. El muestreo se realizó a nivel de la rizosfera, tomando muestras por triplicado del sustrato de cada sistema en dos puntos temporales (agosto y diciembre), para un total de 9

muestras en agosto y 9 muestras en diciembre. La extracción de ADN ambiental se realizó utilizando el kit Quick-DNA Fecal/Soil Microbe Microprep (Zymo Research). Se prepararon las muestras utilizando el kit Quick-16S de Zymo Research con cebadores en fase dirigidos a las regiones V3/V4 del gen 16S. Posteriormente, las secuencias fueron importadas al programa Qiime2 para ser analizadas. Las variables de secuencia amplificada (ASV) identificadas se evaluaron taxonómicamente utilizando la base de datos Silva. Por último, las ASV se colapsaron a sus unidades taxonómicas más bajas (cepa, especie, género, etc.) y sus recuentos se convirtieron para reflejar su frecuencia relativa dentro de una muestra. Los resultados se analizaron utilizando la plataforma MicrobiomeAnalyst 2.0 en el módulo Marker Data Profile (MDP). Determinando los índices de riqueza de especies para la diversidad alfa utilizando los índices de Shannon, Chao1, ACE e índices observados al igual que la diversidad beta que fueron calculadas a nivel de filo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Se obtuvo un total de 3.911.289 pares de lecturas de 18 bibliotecas (6 muestras por triplicado) pertenecientes a las muestras tomadas durante el mes de agosto de 2023 (inicio del ciclo de cultivo) y diciembre de 2023 (final del ciclo de cultivo). A través del procesamiento de secuencias se obtuvieron 9.638 ASV, de los cuales 9.576 se identificaron en la base de datos SILVA. Como primer paso, exploramos la diversidad taxonómica de la microbiota bacteriana de la rizosfera del sistema con base en la abundancia relativa a nivel de filo, los 10 filos bacterianos más abundantes incluyeron Proteobacteria, Bacteroidota, Cyanobacteria, Planctomycetota, Verrucomicrobiota, Actinobacteriota, Patescibacteria, Acidobacteriota, Nitrospirota y Chloroflexi (Figura 1), estos resultados coinciden con la teoría de que existen una microbiota establecida para estos sistemas (Schmautz et al., 2017). Se determinó la diversidad α con los índices de Shannon (p-value 0.038225, Kruskal-Wallis statistics 11.76), Chao1 (p-value 0.029749, Kruskal-Wallis statistics 11.76), ACE (p-value of 0.032664, Kruskal-Wallis statistics 12.16) y el índice Observado (p-value 0.032893, Kruskal-Wallis statistics 12.142). Los cuales sugirieron consistentemente una mayor diversidad bacteriana en las muestras de diciembre en comparación con las muestras de agosto, esto puede deberse a diferentes factores como es la etapa fisiológica del pez. Con respecto al análisis de diversidad β, reveló un patrón de agrupamiento significativo de las muestras de agosto y diciembre. La dispersión de las muestras de agosto fue más amplia que la de las muestras de diciembre. Los resultados sugirieron que la microbiota bacteriana rizosférica del sistema acuapónico RAS varió según el contexto temporal y también reveló ligeras diferencias entre réplicas al mismo tiempo

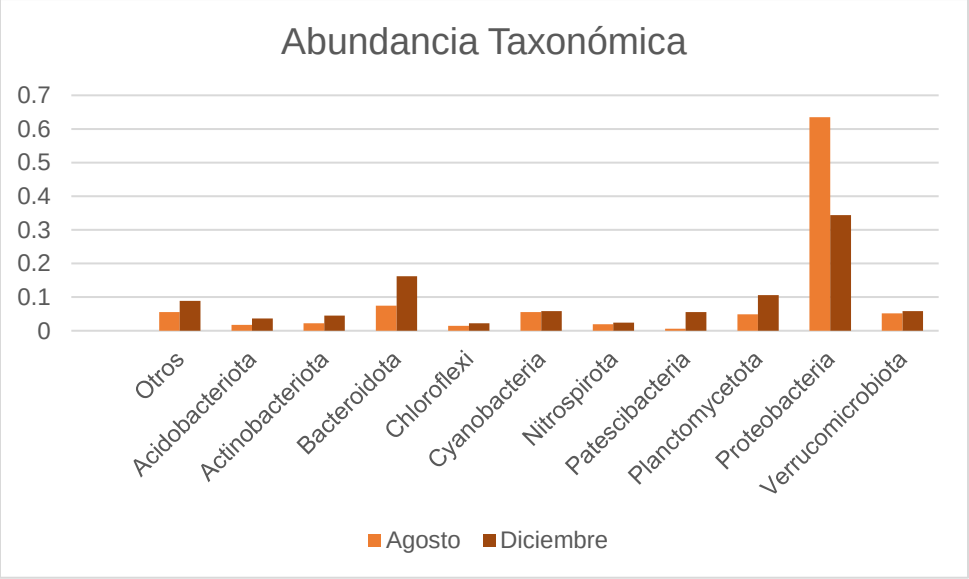


Figura 1. Abundancia taxonómica que muestra los 10 microorganismos más prevalentes y su abundancia por tiempo de muestreo (agosto y diciembre) en la rizosfera de un sistema acuapónico.

Los resultados arrojaron que un sistema acuapónico en el cual no se aplicó fertilización mineral, se obtuvieron rendimientos favorables en el desarrollo del pez (Cuadro 1) obteniendo una biomasa final en promedio por sistema de 9324.07 ± 926.06 kg por cada 1000 L con un factor de conversión promedio de 1.3 lo cual nos indica una excelente eficiencia alimenticia ya que por cada 1.3 g de alimento se ganó 1 g de peso de musculo en el pez. En la producción de jitomate se obtuvo una producción en promedio de 14.16 ± 0.36 kg por metro cuadrado que comparado con lo reportado por Sánchez Del Castillo y colaboradores en el 2014 que produjeron 13.8 kg/m^2.

Cuadro 1. Parámetros de crecimiento de la Tilapia. **PF**= Peso final promedio por pez, **TF**= Talla final promedio por pez, **FCR** = Factor de conversión alimenticio.

Sistema	Biomasa Total (g)	Alimento Total (g)	PF (g)	TF (cm)	FCR
1	9989.44	1231.68	262.88 ^{b} ± 27.49	22.20 ^{a} ± 2.04	1.39
2	8014.48	1013.85	235.72 ^{a} ± 15.39	22.00 ^{a} ± 0.94	1.25
3	9968.28	1171.80	237.34 ^{a} ± 18.57	21.30 ^{a} ± 0.94	1.25
Total	9324.07 ± 926.06	1139.11 ± 112.53	245.31 ± 15.23	21.83 ± 0.47	1.3

CONCLUSIÓN:

La caracterización microbiana a través de un análisis metagenómico en el sistema acuapónico nos muestra un microbioma diverso influenciado por la interacción entre la rizósfera del jitomate (*Solanum lycopersicum*) y la Tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*). El análisis de la abundancia taxonómica mostró los principales taxones dominantes dentro del sistema, los cuales se encuentran asociados a procesos claves como el reciclado de nutrientes, permitiendo su estabilidad. Por su parte, la diversidad alfa nos mostró una microbiota más equilibrada en la fase vegetativa de producción del jitomate (muestras de diciembre), mientras que la diversidad beta evidenció diferencias significativas en los dos tiempos de muestreo, reflejando una dinámica microbiana la cual podría estar influenciada por diferentes factores como es el crecimiento de la planta y la concentración de los residuos metabólicos producidos por los peces. Estos resultados nos muestran la importancia del monitoreo para la comprensión de la estructura microbiana de los sistemas acuapónicos para su aprovechamiento y así disminuir el impacto sobre el medio ambiente. Por lo cual, los sistemas acuapónicos nos presentan una alternativa real para generar alimentos seguros y de calidad tanto de origen animal como vegetal, disminuyendo a su vez el uso de antibióticos y fertilizantes sintéticos aminorando el impacto sobre el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS:

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo brindado a través de las becas nacionales para continuar con mi desarrollo profesional. A mis directores de tesis por ser un apoyo y guía en mi carrera.

REFERENCIAS:

Ljubojević Pelić, D., Radosavljević, V., Pelić, M., Živkov Baloš, M., Puvača, N., Jug-Dujaković, J., Gavrilović, A., 2024. Antibiotic Residues in Cultured Fish: Implications for Food Safety and Regulatory Concerns. Fishes 9, 484. https://doi.org/10.3390/fishes9120484

Ruiz, A., Scicchitano, D., Palladino, G., Nanetti, E., Candela, M., Furones, D., Sanahuja, I., Carbó, R., Gisbert, E., Andree, K.B., 2023. Microbiome study of a coupled aquaponic system: unveiling the independency of bacterial communities and their beneficial influences among different compartments. Sci Rep 13, 19704. https://doi.org/10.1038/s41598-023-47081-0

Schmautz, Z., Graber, A., Jaenicke, S., Goesmann, A., Junge, R., Smits, T.H.M., 2017. Microbial diversity in different compartments of an aquaponics system. Arch Microbiol 199, 613–620. https://doi.org/10.1007/s00203-016-1334-1

Yep, B., Zheng, Y., 2019. Aquaponic trends and challenges – A review. Journal of Cleaner Production 228, 1586–1599. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290

Yuan, X., Lv, Z., Zhang, Z., Han, Y., Liu, Z., Zhang, H., 2023. A Review of Antibiotics, Antibiotic Resistant Bacteria, and Resistance Genes in Aquaculture: Occurrence, Contamination, and Transmission. Toxics 11, 420. https://doi.org/10.3390/toxics11050420

PRODUCCIÓN DE *Daphnia pulex* EN EL LABORATORIO UTILIZANDO LAS MICROALGAS *Scenedesmus* sp. Y *Pinnularia* sp. CON LEVADURA COMO SUPLEMENTO

Jorge Castro-Mejía*, Germán Castro-Mejía, Andrés Elías Castro-Castellón, Arnulfo Misael Martínez-Meingüer, Ana Fernanda Flores-González, María del Carmen Monroy-Dosta, José Antonio Mata-Sotres, Alberto Ramírez-Torrez, Irina Cruz-Cruz

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División CBS. Depto. El Hombre y su Ambiente. Área de Investigación Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

*Autor para correspondencia: camj7509@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: Daphnia pulex. Scenedesmus, Pinnularia, Cultivo

INTRODUCCIÓN

Entre los organismos más importantes utilizados como alimento vivo para los primeros estadios larvales o de alevinaje se encuentran los cladóceros, principalmente las especies del género *Daphnia* sp. que, debido a su corto ciclo de vida, fácil sistema de cultivo, altas tasas de crecimiento poblacional y la capacidad de modificar sus valores nutricionales, es un organismo con un alto potencial productivo y que permite su aplicación en estas primeras etapas del ciclo de vida de peces y crustáceos. Por ello, la producción de *Daphnia* sp. en condiciones de laboratorio es una gran alternativa, ya que permite controlar las variaciones ambientales y gestionar la calidad del alimento utilizando diferentes fuentes de dieta (Ocampo et al., 2010). Considerando el valor y el uso de los cladóceros en la acuicultura, el siguiente estudio tiene como objetivo comparar la densidad poblacional del cladócero *Daphnia* sp. en un cultivo experimental alimentado con *Scenedesmus* sp. y *Pinnularia* sp. por ser una fuente importante de proteína y de lípidos, así como la adición de levadura, no solo como fuente de carbohidratos, sino como promotora de una producción de biomasa bacteriana heterótrofa productora de otras sustancias nutricionales benéficas para este cladócero como la vitamina B12 para obtener un recurso alimenticio para las primeras fases de cultivo de peces y crustáceos.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cepa de *Daphnia sp.* se obtuvieron de una muestra en los estanques del Centro de Investigaciones Biológicas de Cuemanco (CIBAC) de la UAM-Xochimilco, los cuales se colocaron en recipientes de 200 L con 160 L de agua. Para el inicio del experimento se sembraron por recipiente 500 organismos adultos de *Daphnia pulex* y se pusieron en tres tratamientos experimentales: 1) *Pinnularia* sp (3 L) + *Scenedesmus* sp (3 L) + levadura (100 mL); 2) *Pinnularia* sp (6 L) + levadura (100 mL); y 3) *Scenedesmus* sp (6 L) + levadura (100 mL). Cada tercer día se tomó una muestra de 1 L de cultivo de la cual se tomaron 10 submuestras de 1 mL para contar a los organismos y extrapolar la información a 160 L. Los datos se incorporaron en una base de Excle 365 para obtener su estadística descriptiva, sus curvas de crecimiento y la información de la Tabla de Vida para determinar el potencial reproductivo utilizando los parámetros de Tasa de reproducción (Ro), Tasa instantánea de crecimiento (r), y el Tiempo generacional de la cohorte (Tc). Los tratamientos tuvieron una duración de 60 días.

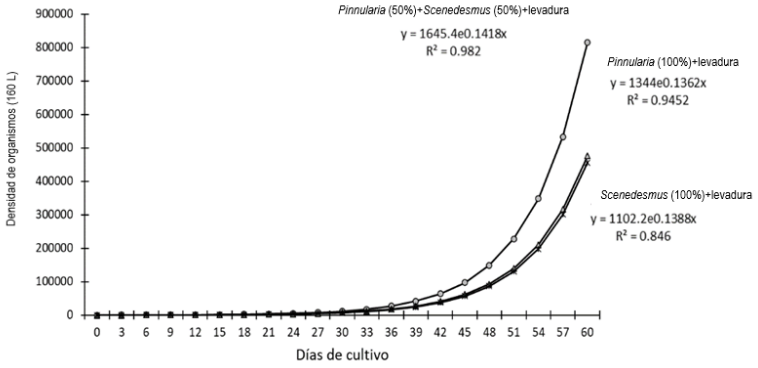


Figura 1.- Densidad y curvas de crecimiento de los organismos en los tratamientos experimentales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad final de organismos por tratamiento fue de 814,973±172 organismos para la dieta con *Pinnularia*+*Scenedesmus*+levadura; de 475,832±178 con la dieta de *Pinnularia*+levadura; y de 456,105±180 organismos para la dieta con *Scenedesmus*+levadura. Las curvas de crecimiento de la población de *D. pulex* por tratamiento se presenta en la Figura 1. Los valores reproductivos de la población cultivada con las dietas experimentales se presentan en el Cuadro 1, en donde se puede observar que los valores más altos se encuentran en la dieta con *Pinnularia*+*Scenedesmus*+levadura y los más bajos con la dieta de *Pinnularia*+levadura. Al final del experimento se obtuvo la biomasa por tratamiento experimental (Figura 2). El valor más alto se encontró en el tratamiento combinado con las dos microalgas más levadura con 814. 97 g. Los tratamientos de 100% *Pinnularia* y 100% *Scenedesmus* tan solo alcanzaron la biomasa final de 475.83 g y 456.11 g, valores 50% menos que la dieta combinada.

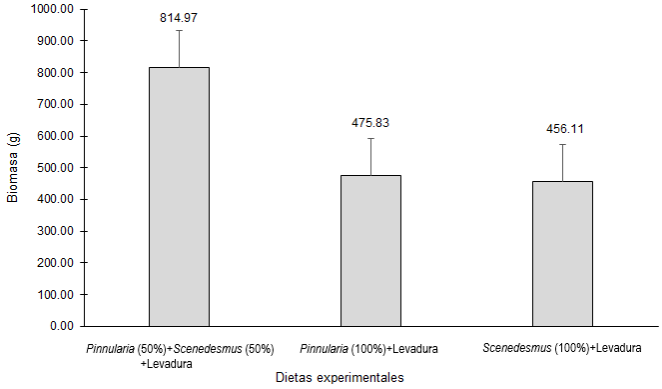


Figura 2.- Biomasa final obtenida de *D. pulex* en los tratamientos experimentales.

Cuadro 1.- Valores reproductivos de la población de *D. pulex* cultivada en los tres tratamientos experimentales.

Tratamientos experimentales	Organismos producidos en cada fase (Ro)	Tiempo generacional de la cohorte (Tc)	Tasa intrínseca de crecimiento rate (r)
Pinnularia+*Scenedesmus* Levadura	4,953	17.12	0.50
Pinnularia+Levadura	3,539	17.02	0.48
Scenedesmus+Levadura	4,137	17.07	0.48

Castro et al. (2020) encontraron que, si se utiliza una proporción del 25% de clorofitas y del 75% de diatomeas, se pueden alcanzar densidades de hasta 2,614,758 organismos en 160 litros con *D. pulicaria*. Esto se debe al alto contenido en proteínas, lípidos y carbohidratos. La incorporación de levaduras en el cultivo son una buena fuente de carbohidratos, lípidos y vitaminas (B_{12}), las cuales una mejor adaptación al medio de cultivo, así como promotoras del crecimiento, la reproducción y el bienestar de este crustáceo. Se han probado otras fuentes de carbohidratos como la melaza (Sadi et. al., 2019) permitiendo llegar a obtener producciones de 6500 org L^{-1}, producción más alta que en este experimento. Taipale et al. (2019), mencionan que la calidad nutricional de la microalga es muy importante en la producción de zooplancton ya que contribuyen con el tipo y la concentración de ácidos grasos esenciales, así como los esteroles contenidos en las diferentes microalgas utilizadas. Su importancia radica en que los cladóceros no pueden convertir el ácido eicosapentaenoico de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena 18:3w3 de manera eficiente, por lo que deben incorporarse a la dieta y una fuente principal de ellos son las microalgas pardas, las cuales, aunadas a las levaduras contribuyen a cubrir los requisitos de este nutriente en los cultivos de cladóceros aumentando considerablemente la fecundidad de las hembras. Sin embargo, el gran problema del uso de fuentes de carbohidratos en los cultivos de zooplancton es que pueden llegar a obstruir no solamente el aparato bucal de los organismos, sino también en el locomotor ocasionando muchos problemas debido a que es un organismo filtrador.

CONCLUSIÓN

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo, las dietas individuales de *Scenedesmus* sp. y *Pinnularia* sp. proporcionan una fuente de alimento rica en proteínas, lípidos, y carbohidratos, las cuales pueden incrementar su densidad poblacional. Sin embargo, la combinación de estas dos microalgas en una sola dieta y enriquecida con una fuente de ácidos grasos y vitaminas, con la levadura, resulta ser un suplemento de mayor valor nutricional y, por lo tanto, es un alimento adecuado que influye en la tasa de reproducción, la longevidad y el potencial reproductivo de los cladóceros en condiciones de laboratorio.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores que participan en el Área de Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables. A la alumna de la Maestría en Ecología Aplicada Ana Fernanda Flores González y a los Tesistas Doctorales Andrés Elías Castro Castellón y Arnulfo Misael Martínez Meingüer, los cuales contribuyen en el desarrollo de esta investigación.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Recursos propios de los Proyectos de Investigación de los integrantes del Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

REFERENCIAS

Castro MJ, Castro MG, Flores GAF, Rivera RAO, Martínez MAM. Population density comparison and reproductive potential of *Daphnia pulicaria* (Forbes, 1823) fed with chlorophytes (*Scenedesmus* sp. + *Chlorococcum* sp.) and diatoms (*Pinnularia sp.*). Journal of Entomology and Zoology Studies (2020; 8(3):474-478.

Ocampo LE, Botero MC, Restrepo LF. Evaluación del crecimiento de un cultivo de *Daphnia magna* alimentado con *Saccharonyces cereviseae* y un enriquecimiento con avena soya. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2010; 23(1):78-85.

Sadi NH, Sutrismo MM, Yoga GP, Chrismadha T, Widiyanto T. Survival of Bada (*Rasbora* sp.) and *Daphnia* sp. using Biofloc from Lake Maninjau as natural feed. International Conference in Tropical Limnology. 108 Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019; 535(012048): 1-14.

Taipale SJ, Kuoppamäki E, Strandberg N, Peltomaa E. Lake restoration influences nutritional quality of algae and consequently *Daphnia* biomass. Hydrobiologia. 2020; 847:4539-4557.

PRODUCCIÓN DE *Artemia franciscana* CULTIVADA EN EL LABORATORIO CON *Pinnularia sp., Porphyridium sp.* y *Dunaliella sp.* CON UN SUPLEMENTO DE LEVADURA.

Jorge Castro-Mejía*, Germán Castro-Mejía, Ana-Fernanda Flores-González, Andrés Elías Castro-Castellón, Arnulfo Misael Martínez Meingüer, María del Carmen Monroy-Dosta, José Antonio Mata Sotres, Alberto Ramírez-Torrez, Irina Cruz-Cruz.

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Depto. El Hombre y su Ambiente. Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo y Biofloc.

*Autor para correspondencia: camj7509@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave. *Artemia franciscana, Pinnularia, Porphyridium, Dunaliella*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de zooplancton en la actualidad es un cuello de botella para todo proyecto de acuicultura, sobre todo, para el manejo de la producción de larvas y alevines de peces y crustáceos. Actualmente, no solo se utiliza la fase larvaria nauplio, sino también sus diferentes estadios (juvenil, preadulto y adulto) que le permiten ser utilizados como biomasa para la alimentación de peces y crustáceos en estadios posteriores al larvario y alevinaje. Su importancia radica en su alto valor energético aportado por los ácidos poliinsaturados que posee o puede adquirir en cada una de sus diferentes etapas de crecimiento (Gaspar et al., 2021.). Por otro lado, la *Artemia* es un organismo de fácil cultivo por su amplia tolerancia a la salinidad inclusive por encima de los 300 g L^{-1}. Es un organismo euroxibionte ya que puede soportar menos de 1 mg L^{-1} O_2 disuelto, así como en concentraciones por encima de los niveles de saturación. Es un organismo filtrador no selectivo que se alimenta tanto de materia orgánica particulada, así como de organismos vivos de tamaño apropiado como la microalga *Dunaliella* sp. (verde), que suministra proteínas y pigmentos, *Pinnularia* sp. (parda) que provee carbohidratos y ácidos grasos, y de *Porphyridium* sp. (roja) que aporta minerales como el hierro. Estas microalgas son de fácil producción en el laboratorio. Sin embargo, pocos estudios se han hecho sobre el uso y aplicación de la microalga *Porphyridium* sp. como monocultivo.

Por lo anterior, el presente estudio pretende realizar el cultivo de este crustáceo, en una primera fase, con la microalga *Porphyridium* sp. comparando la supervivencia, crecimiento y obtención de biomasa, con respecto a dos microalgas que ya se han probado como son la *Dunaliella* sp. y la *Pinnularia* sp. para su cultivo (Cisneros y Vinatea, 2009; Castro *et al*., 2003). Todas ellas incorporando levadura como suministro de vitamina B_{12}.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las tres microalgas utilizadas en este experimento provinieron del laboratorio de Producción de Alimento Vivo de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco de Cajas Petri con agar y cultivados en garrafones de 10 L. Para la *Dunaliella* sp. se utilizó Byfolan como fertilizante; para *Pinnularia* sp. se utilizó silicato de sodio y para *Porphyridium* sp. Triple 17 y un multivitamínico. Para cada tratamiento experimental se decapsularon 6 g de quistes de la Marca Biogrow. Los nauplios eclosionados se colocaron en Garrafones de 10 L con salvado de arroz como alimento durante tres días. Los metanauplios

supervivientes se colocaron en tres contenedores de plástico de 200 L de capacidad con 160 L de agua a 60 gL^{-1} de salinidad, a un pH entre 7-8, temperatura entre 24±2°C. A cada contenedor se les agregó 6 L de microalga: contenedor 1: *Pinnularia sp*; contenedor 2: *Porphyridium sp.*, y contenedor 3: *Dunaliella sp*., A cada contenedor se les agregó 40 mL de levadura (2 g 1000 mL^{-1} de agua salada). El experimento se llevó a cabo en 60 días. Cada tercer día, se tomó una muestra de 1 L del cual se tomaron 10 submuestras de 1 mL para contar a los organismos y extrapolar la información a 160 L. Los datos se manejaron en una base de datos de Excel 365, para obtener su estadística descriptiva y realizar las curvas crecimiento de la población de *Artemia*. También se realizó una tabla de vida para determinar su potencial reproductivo y obtener la siguiente información: Tasa de reproducción (Ro); Tiempo generacional de la cohorte (Tc); y Tasa de crecimiento intrínseco (r). Se realizó un ANDEVA a la densidad final para determinar la existencia de diferencias significativas ($p<0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cantidad de organismos finales obtenidos durante los 60 días de cultivo fueron: Tratamiento con *Dunaliella* sp. con 85928±233 organismos de todos los estadios; tratamiento con *Pinnularia* sp. con 79670±211; y con *Porphyridium* sp. con una producción mayor en el día de cultivo 27 con 6803±80 organismos y morir en el día de cultivo 39. Entre la dieta con *Dunaliella* sp. y *Pinnularia* sp. hay diferencias significativas en los valores de su densidad ($P<0.05$).

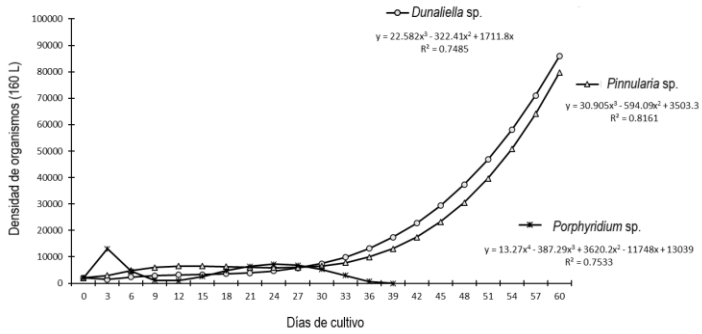


Figura 2. Curvas de crecimiento de la *Artemia* cultivada en los diferentes tratamientos experimentales.

En el Cuadro 1 se presentan los valores de producción de los organismos en los tres tratamientos experimentales. En ella se puede observar que el mejor tratamiento fue con *Dunaliella* sp. con respecto a su tasa de reproducción (42.25) y el menor fue con *Porphyridium* sp. (8.62). En cuanto al tiempo de la generación de la cohorte y la tasa instantánea de crecimiento los tratamientos con *Dunaliella* sp. y *Pinnularia* sp. son casi semejantes en comparación con el tratamiento de *Porphyridium* sp.

Cuadro 2. Valores de producción de los organismos de *Artemia* sp. en cada uno de los tratamientos experimentales.

Tratamiento experimental	Tasa de reproducción (Ro)	Tiempo generacional de la cohorte (Tc)	Tasa instantánea de crecimiento (r)
	$\sum l_x m_x$	$\sum x l_x m_x / R_o$	$\log_e R_o / T_c$
Dunaliella sp.	42.25	15.24	0.24
Pinnularia sp.	39.18	15.36	0.23
Porphyridium sp.	8.62	21.90	0.13

En lo que respecta a la biomasa producida, los valores se presentan en la Figura 2, donde se observa que con la dieta con *Dunaliella* y *Pinnularia* alcanzaron casi los 800 g.

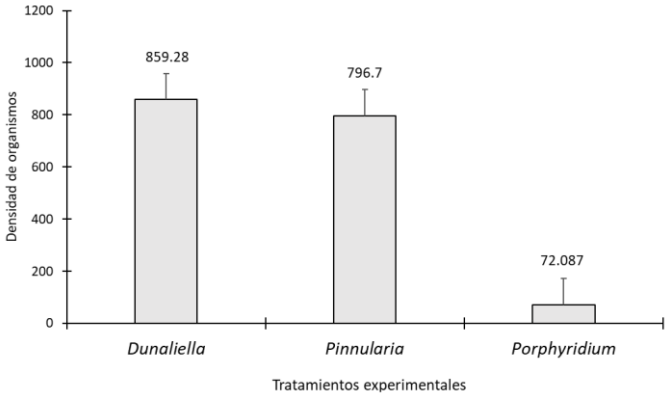


Figura 2. Cantidad final de biomasa producida

Nota: El valor de biomasa con *Porphyridium* sp. está obtenido con el valor al muestreo del día 24.

Aunque Dhont et al. (2013), mencionan que el uso de fuentes de carbono es importante para la supervivencia y crecimiento de este crustáceo, siempre se ha reconocido que el uso de las microalgas son una mejor fuente nutricia y sobre todo, cuando no se utilizan como monocultivos, sino como una mezcla o de algas verdes, pardas y/o rojas, las cuales aportan diferentes nutrientes a los organismos a los cuales se les suministra. Cuando se usa una mezcla de *Dunaliella* sp. y *Chaetoceros* sp. la supervivencia de este crustáceo aumenta hasta un 66-67%. Autores como Arriaga y Re (2015), mencionan el uso de la microalga *Dunaliella* sp., alcanzó el estadio adulto mucho más rápido en comparación que se utiliza *Chaetoceros* sp. y *Spirulina* sp como única dieta en el cultivo. Castro et al. (2003) sugieren el uso del alga *Pinnularia sp.* mezclada con *Tetraselmis sp* para el cultivo en laboratorio de biomasa de *Artemia franciscana* con buenos resultados en la biomasa final del experimento, debido a que las microalgas verdes suministran proteínas y pigmentos, y las pardas proporcionan principalmente carbohidratos y lípidos. Por otro lado, Dan et al. (2022) mencionan que la composición y la estructura de las paredes celulares de las microalgas son diferentes y que las fases juveniles de *Artemia* no pueden digerir microalgas que tienen paredes celulares rígidas, por lo que el crecimiento de *Artemia* se puede ver afectado no solo por el tamaño de las células de microalgas sino por su composición y estructura de sus paredes celulares, lo cual puede ser indicativo con la dieta de *Porphyridium*. Otros factores en los cuales diversos autores concuerdan, es que los resultados en tasas de crecimiento y supervivencia para *Artemia* pueden estar relacionados con la fase de cultivo de las microalgas al momento de ser administradas como alimento. Es importante considerar las fases de crecimiento y su proporción de incorporación ya que estos dos factores influyen en el crecimiento y supervivencia de *Artemia* sp., según la especie va a variar en las cantidades de proteína, ácidos grasos, hidratos de carbono y lípidos. Los cuales concuerdan con el tiempo de la fase crecimiento de las microalgas que se utilizaron en este

experimento, ya que cada tercer día las microalgas se cosecharon para utilizarlas en la alimentación en los cultivos de *Artemia*.

CONCLUSIONES

Aunque se obtuvo crecimiento en los cultivos de *Artemia* con las diferentes microalgas *Pinnularia* y *Dunaliella*, es necesario realizar mezclas entre ellas para obtener mejores resultados en la densidad final de *Artemia.* Es claro que la microalga *Porphyridium* no puede utilizarse como dieta única en el cultivo de *Artemia*, se sugiere que a partir del día 21 se agregue ya sea una alga parda o verde para complementar la dieta nutricional de *Artemia*.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores que participan en el Área de Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables. A los alumnos de la Maestría en Ecología Aplicada y Ciencias Agropecuarias de la UAM-Xochimilco, así como de los Tesistas Doctorales Andrés Elías Castro Castellón y Arnulfo Misael Martínez Meingüer, los cuales contribuyen en el desarrollo de esta investigación.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Recursos propios de los Proyectos de Investigación de los integrantes del Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

REFERENCIAS

Arriaga Haro, V., y Re Araujo, A. (2015). Uso de microalgas vivas e Inertes como alimento para *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae). *Revista De Biología Tropical*. 45(2), 803-811.

Castro BT., De Lara, AR., Castro MG., Castro MJ. y Malpica SA. (2003). Alimento vivo en la acuicultura. *Contactos*, 48, 27-33.

Cisneros, R., y Vinatea, E. (2009). Producción de biomasa de *Artemia franciscana* Kellogg 1906 utilizando diferentes dietas. *Ecología aplicada*, *8*(1-2), 9-14.

Dan, S., Yamashita, K., Matsunari, H., Nagakura, K., y Hamasaki, K. (2022). Capability of *Artemia* to digest *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis oculata* under stagnant culture conditions. *Aquaculture Research*, *53*, 4316–4326.

Dhont, J., Dierckens, K., Støttrup, J.,van Stappen, G.,Wille, M., y Sorgeloos, P. (2013). Rotifers, *Artemia* and copepods as live feeds for fish larvae in aquaculture. In G. Allan & G. Burnell (Eds.), *Advances in aquaculture hatchery technology* (pp.157–202). Woodhead Publishing.

CULTIVO DE TILAPIA PARGO UNAM EN BIOFLOC A BAJA SALINIDAD Y A DIFERENTES DENSIDADES EN LABORATORIO

Germán Castro-Mejía*. Jorge Castro-Mejía, Arnulfo Misael Martínez-Meingüer, Andrés Elías Castro-Castellón, María del Carmen Monroy-Dosta, José Antonio Mata-Sotres, Ana Fernanda Flores-Gonzalez, José Alberto Ramirez-Torrez, Irina Cruz-Cruz

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División de CBS. Depto. El Hombre y su Ambiente. Área: Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Renovables Acuáticos.

*Autor de correspondencia: gecastro@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave. Pargo UNAM, Tilapia, Biofloc, salinidad, densidad

INTRODUCCIÓN

La tilapia es valorada por su gran resistencia física, rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, alta productividad y su capacidad para adaptarse a diversos sistemas de cultivo, desde agua dulce hasta marina, y de alimentarse con alimento natural y artificial. Las especies más utilizadas en acuicultura por su alta productividad y producción de huevos incluyen *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, y *O. mossambicus*. Una variedad específica, la tilapia Pargo, UNAM, fue desarrollada en 2003 por investigadores de la UNAM en Veracruz, México (Riego 2005). A pesar de sus ventajas, el cultivo de tilapia tiene un impacto ambiental similar al de otras especies, especialmente en el uso y la contaminación del agua, así como en el gasto de alimentación. Para mitigar estos problemas, se ha recurrido a la técnica del Biofloc. Este sistema implica la adición de una fuente de carbono externa para producir biomasa bacteriana heterótrofa, que no solo genera sustancias beneficiosas para los organismos, sino que también elimina compuestos nitrogenados, como el amonio, transformándolos en nitritos y nitratos utilizables. Esto resulta en alta supervivencia de los peces, así como un mejor crecimiento y ganancia de peso. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue realizar una evaluación preliminar del cultivo del Tetra-híbrido Pargo-UNAM (Tilapia Roja) en un sistema Biofloc, utilizando moringa como fuente de carbohidratos, a diferentes densidades de cultivo y una salinidad de 10 g L^{-1}.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron cinco tinas de 250 litros de capacidad, llenadas con 200 litros de agua cada una, con una salinidad de 10 gL^{-1}, una temperatura entre 28.8-29.5°C. Los tratamientos experimentales consistieron en cuatro densidades de siembra: a) 50 organismos por 250 L, b) 75 organismos por 250 L, c) 100 organismos por 250 L, y d) 125 organismos por 250 L. Para la producción de Biofloc, se utilizó

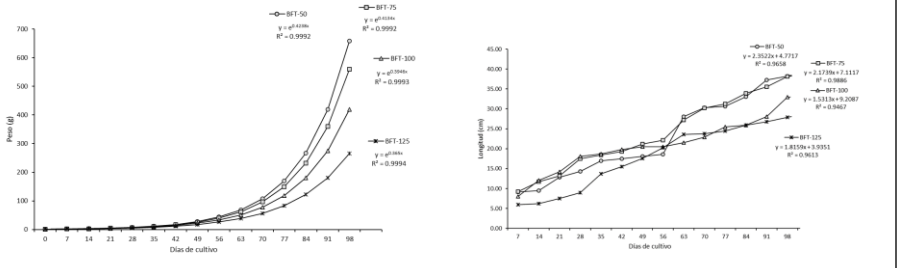


Figura 1. Curvas de crecimiento de peso y longitud de los organismos en los tratamientos experimentales.

moringa (0.1% de la biomasa total de los peces) como fuente de carbono, agregada una vez al día a las 9:00 hrs. Para su alimentación se empleó alimento inerte con un diámetro de 2.6 mm. La cantidad de alimento suministrado fue el 10% de la biomasa total de los peces, racionado en dos porciones diarias (9:00 hrs y 16:00 hrs). El peso y la longitud de los organismos se determinaba cada 15 días para ajustar la ración. Los datos se analizaron en Excel 2019 para obtener un análisis descriptivo y curvas de tendencia de crecimiento. Se calcularon las siguientes variables: Ganancia de longitud y peso, tasa instantánea de crecimiento (TIC), factor de condición (KM), factor de conversión alimenticia (FCA), y eficiencia de conversión alimenticia. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias múltiples (Tukey) para determinar qué tratamientos diferían significativamente (P<0.05).

RESULTADOS

Los resultados del estudio mostraron los siguientes hallazgos. En los cuatro tratamientos se registró una supervivencia superior al 96%. El mayor peso (658.45±0.43 g) y la mayor talla (38.22±0.38 cm) se obtuvieron en el tratamiento de 50 organismos por 250 L^{-1}. El valor más bajo de peso se presentó en el tratamiento de 125 organismos por 250 L^{-1}, con 264.86±0.41 g. En cuanto a la talla, los tratamientos de 50 y 75 organismos por 250 L mostraron los valores más altos (38.22±0.38 cm y 38.08±0.38 cm, respectivamente), sin diferencias significativas entre ellos (P>0.05). El valor menor de talla fue de 27.88±0.35 cm en el tratamiento de 125 organismos por 250 L^{-1} (Fig.1). Se encontraron diferencias significativas (P<0.05) en el peso entre todos los tratamientos. La mayor ganancia de peso fue de 657.28 g en el tratamiento de 50 organismos por 250 L^{-1}, mientras que la menor fue de 263.69 g en el tratamiento de 125 organismos por 250 L^{-1}, con diferencias significativas entre todos los tratamientos (P<0.05). La mayor ganancia en longitud se observó en los tratamientos de 50 y 75 organismos por 250 L^{-1} (35.09 cm y 34.55 cm, respectivamente), sin diferencias significativas entre ellos (P>0.05). La menor ganancia en longitud (23.91 cm) fue en el tratamiento de 125 organismos por 250 L^{-1} (Fig.2).

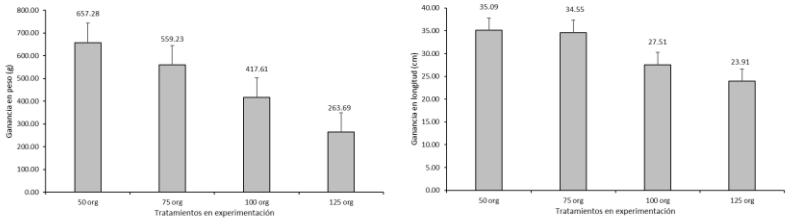


Figura 2. Ganancia de longitud y peso de los organismos en cultivo en los tratamientos experimentales

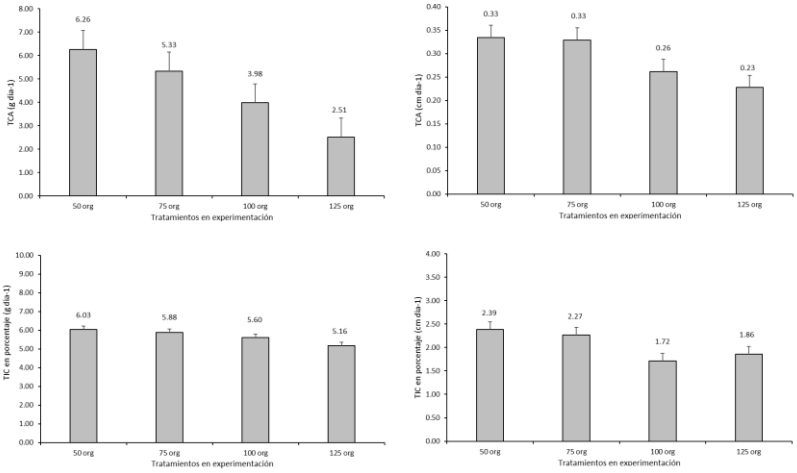


Figura 3. Tasa de crecimiento absoluto (TCA) y Tasa Instantánea de Crecimiento (TIC) de la longitud y el peso de los organismos en los tratamientos experimentales.

Los valores más altos de TCA para peso y longitud se encontraron en el tratamiento de 50 organismos por 250 L^{-1}. Para la longitud, el tratamiento de 75 organismos por 250 L^{-1} también alcanzó un incremento diario similar. El FCA más alto fue para el tratamiento de 50 org 250 L^{-1} con 6.26 g $día^{-1}$. El valor más alto de TIC fue de 0.33% de incremento diario para las densidades de 50 y 75 organismos por 250 L. Las curvas del grado de bienestar (KM) indicaron que las condiciones de cultivo en todos los tratamientos permitieron a los organismos mantener una relación peso-talla adecuada, mostrando una ganancia apropiada de peso y talla según la densidad de cultivo. El tratamiento de 50 organismos por 250 L presentó el mejor FCA (0.0873) y ECA (1,146.04%). Los valores más bajos de FCA y ECA se registraron en el tratamiento de 125 organismos por 250 L^{-1}, con 0.1052 y 950.20%, respectivamente (Fig.3).

DISCUSIÓN

La densidad de siembra es un factor crucial en cualquier sistema de cultivo acuícola para optimizar los beneficios y minimizar problemas de calidad del agua. El sistema Biofloc, al promover la producción de bacterias heterótrofas, permite controlar la calidad del agua descomponiendo los compuestos nitrogenados, lo que reduce la necesidad de recambios constantes de agua. En cuanto a la salinidad, se considera que un incremento de hasta 10 gL^{-1} en cultivos puede desviar entre un 20% y un 50% de la energía de los peces para la osmorregulación, lo que puede reducir la energía disponible para el crecimiento y la ganancia de peso y talla. Esto implica la necesidad de incorporar alimentos ricos en energía y nutrientes, como lípidos, para contrarrestar este gasto energético adicional y evitar una disminución en el crecimiento o un aumento del Factor de Conversión Alimenticia (FCA). Algunos estudios sugieren que las microalgas ricas en lípidos podrían ser un suplemento dietético valioso, así como que la salinidad ideal para las primeras fases de los peces es de 6 gL^{-1}, mientras que para fases juveniles y adultas puede mantenerse entre 5 y 15 gL^{-1}. El aumento de la densidad de siembra en cultivos de tilapia puede generar estrés en la población, resultando en menor consumo de alimento, mayor competencia por el espacio y reducción de la movilidad de los peces (Robiul et al., 2022; Nur et al. 2023), que trabajaron sin Biofloc, pero utilizaron agua de espinaca para reducir el amonio, mientras que en este estudio se usó un sistema Biofloc con harina de moringa, lo que permitió la formación de bacterias heterótrofas que eficazmente descompusieron los compuestos nitrogenados. Al-Zahrani et al. (2023) y Mohamed et al. (2022) mencionan que un aumento de la densidad sin un sistema adecuado puede deteriorar la talla de los peces, la salud del sistema, aumentar el uso de agua, el recambio, la sedimentación de materia orgánica y, consecuentemente, la mortalidad y disminuir la eficiencia de crecimiento. En contraste, en este experimento con Biofloc, los efectos negativos del aumento de la densidad no se reflejaron de manera significativa en la eficiencia de crecimiento ni en la productividad del sistema. Esto se atribuye a que el sistema Biofloc produce una biomasa alimenticia continua, de la cual los peces pueden alimentarse, y a la formación de biomasa bacteriana heterótrofa que descompone los compuestos nitrogenados perjudiciales, mejorando la calidad del agua y la fisiología de los peces.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permiten concluir que, para el cultivo de la tilapia Pargo, UNAM en un sistema Biofloc, las condiciones óptimas para obtener un buen crecimiento en peso y longitud, TCA, TIC, FCA y ECA son cultivarlas a una densidad de 50 organismos en 250 L^{-1} y a una salinidad de 10 g L-1.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y al laboratorio de Alimento Vivo del Departamento El Hombre y su Ambiente para la realización de este experimento.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

REFERENCIAS

Al-Zahrani MS, Hassainien HA, Alsaade FW, Wahseh HAM. 2023. Effect of stocking density of sustainable growth performance and water quality of Nile Tilapia-Spinach in NFT aquaponic system. Sustainability 15, 6935. https://doi.org/10.3390/su15086935.

Mohamed FM, Santhoshkumar S, Gowsalya T. 2022. Effect of Different Stocking Density on Growth and Survival of Monosex Tilapia Cage Culture in Perumpallam Reservoir, Tamil Nadu. Indian Journal of Ecology 49(5): 1805-1807.

Nur NV, Andayani S, Sri WM, Nurhalisa. 2023. Different stocking density on water quality of red Tilapia (*Oreochromis* sp) in budikdamber system. Journal Penelitian Pendidikan IPA 9(4):2030.2035.

Riego, M. 2005. Comportamiento productivo y heterosis retenida de una población sintética de tilapia (¼Rocky Mountain, ¼ *Oreochromis niloticus* y ½ tilapia roja de Florida) durante la etapa de engorda (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Univ. Nal. Autón. de Méx.

Robiul AH, Eilious H, Tabassum A, Naser N. 2022. Effects of stocking density on production performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grow-out culture in cages. Bangladesh Journal of Zoology 50(2): 239-250.

PRODUCCIÓN DE *Artemia franciscana* ALIMENTADA CON *Porphyridium cruentum* y *Pinnularia* sp. A DIFERENTES CONCENTRACIONES A NIVEL LABORATORIO

Jorge Castro-Mejía*, Germán Castro-Mejía, Ana Fernanda Flores-González, María del Carmen Monroy-Dosta, José Antonio Mata-Sotres, Andrés Elías Castro-Castellón, Arnulfo Misael Martínez-Meingüer, Irina Cruz-Cruz, José Alberto Ramírez-Torres

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División de CBS. Depto. El Hombre y su Ambiente. Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

*Autor por correspondencia: camj7509@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave. Cultivo *Artemia, Porphyridium, Pinnularia*.

INTRODUCCIÓN

En la acuicultura no es sencillo el aporte de un alimento que cubra todos sus requerimientos nutricios, así como su palatabilidad entre los organismos en producción a nivel larvario tanto de crustáceos o peces, ya sea desde su estadio de larva o alevin hasta el adulto. Uno de los alimentos vivos más utilizado en la acuicultura es el crustáceo *Artemia franciscana*, el cual es un crustáceo de la clase Branchiopoda, que habita en cuerpos de agua hipersalinos y se considera un filtrador obligado, continuo y no selectivo. Sin embargo, el cultivo de *Artemia* requiere una dieta óptima para lograr que esta a su vez sea un excelente alimento para otros organismos marinos de importancia económica. Por lo cual, la selección de microalgas como dieta específica para *Artemia* podría permitir una alta tasa de crecimiento, permitiendo una optimización espacial de las instalaciones, del tiempo de cultivo, de la biomasa obtenida por unidad de volumen y del tiempo. Por lo mencionado anteriormente, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el crecimiento poblacional de *A. franciscana* alimentada con estas dos microalgas (*Porphyridium* sp. y *Pinnularia* sp.) en diferentes concentraciones para obtener mejores producciones de este crustáceo, además de asegurar su calidad nutricional con ácidos grasos insaturados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron quistes de *A. franciscana* de la Marca Biogrow, los cuales fueron decapsulados y colocados en un embudo de 5 L de capacidad para su eclosión a 40 gL^{-1} de salinidad, con luz y aireación continua durante 24 horas. Los nauplios eclosionados fueron transferidos en cuatro tanques de plástico (capacidad de 210 L) con 160 L de agua a 60 gL^{-1} de salinidad, con luz y aireación continua. Los organismos fueron alimentados con 25 mL de salvado de arroz durante tres días (300 g $4L^{-1}$ de salmuera). Se utilizaron cuatro dietas experimentales: 1) *Pinnularia* 100%; 2) *Porphyridium* 100%; 3) *Porphyridium* 25% y *Pinnularia* 75%; 4) *Porphyridium* 50% y *Pinnularia* 50%, y 5) *Porphyridium* 75% y *Pinnularia* 25%. Cada tercer día, se tomaron tres muestras de 10 mL y fueron contados todos los organismos para obtener un promedio. El cultivo de los organismos tuvo una duración de 60 días. Los valores de cada uno de los muestreos por dieta experimental fueron introducidos a una base de datos de Excel para obtener su estadística descriptiva. Los valores promedio fueron extrapolados a los 160 L de cultivo. Así mismo, se obtuvieron las curvas de crecimiento de cada población. Además, se realizó de cada una de ellas su Tabla de Vida considerando los parámetros de potencial productivo de: tasa de reproducción: $Ro = \sum lx*mx$, tasa intrínseca de crecimiento: $r = \log eRo/Tc$, y tiempo generacional de la cohorte: $Tc = \sum x*lx*mx/Ro$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los organismos alimentados con *Porphyridium* (50%) + *Pinnularia* (50%) obtuvo la mayor densidad con 41,783 organismos a los 60 días de cultivo. La mayor cantidad de organismos se presentó con la dieta *Porphyridium* (25%) *Pinnularia* (75%) con 3560 organismos. La dieta *Porphyridium* (25%) *Pinnularia* (75%) tuvo un pico máximo de 13852 organismos al día 33 para decaer al final a tan solo dos organismos. La dieta con *Porphyridium* 100% decayó hasta 88 organismos al día 45 de muestreo. Las dietas de *Pinnularia* 100% presentó una disminución hasta los 45 días de cultivo para comenzar a aumentar a partir de esa fecha (Fig.1).

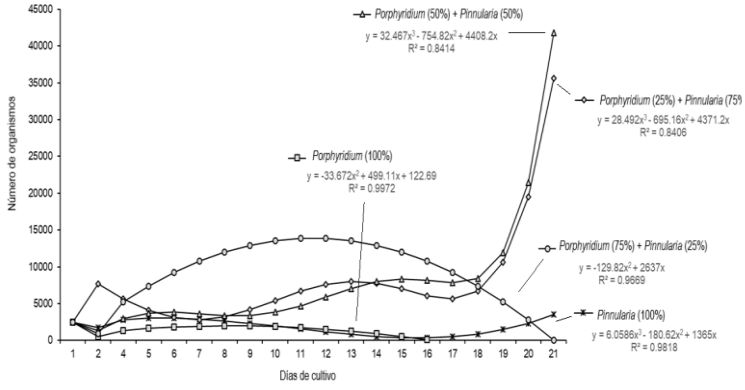


Figura 1. Curva de tendencia de la densidad poblacional de *A. franciscana* alimentada con las cinco dietas experimentales.

Los valores reproductivos se presentan en el Cuadro 1. En cuanto a la Ro, el valor más alto es cuando los organismos se alimentaron con *Porphyridium* (50%) + *Pinnularia* (50%) con 16.57 organismos, la Tc = 16.52 días y una r = 0.17. El menor potencial productivo lo tenemos en cultivos donde no se incorpora *Pinnularia* (*Porphyridium* 100%) con 0.58 organismos por hembra, un Tc= 2.54, y una r= -0.21. En la Fig.2 Se presenta la cantidad de biomasa obtenida en los días de cultivo en donde se encontró la mayor densidad de organismos en los 160 L de medio de cultivo.

Desde los trabajos de Vinatea et al. (2022), se menciona que la calidad nutricional que posee las microalgas es importante para el desarrollo de este crustáceo y sobre todo cuando las dietas se combinan y no solamente se utiliza un monocultivo, permitiendo no solamente obtener valores altos de supervivencia, sino una mayor producción de nauplios cuya consecuencia es la obtención de biomasa y quistes en los cultivos. Cabe señalar que Toi et al. (2013), ya mencionan la importancia de la inclusión de una fuente de carbohidratos para el desarrollo bacteriano del sistema que permita romper los nutrientes que aportan las microalgas debido a las enzimas que estas producen. La falta de esta fuente de carbohidratos en los cultivos de los tratamientos experimentales ocasionó que algunos de ellos no obtuvieran valores de densidad hasta los 60 días de cultivo y es muy probable que su incorporación en los tratamientos que si alcanzaron los 60 días de cultivo podría mejorarse con su incorporación. Sui et al. (2013), menciona que cuando se realizan

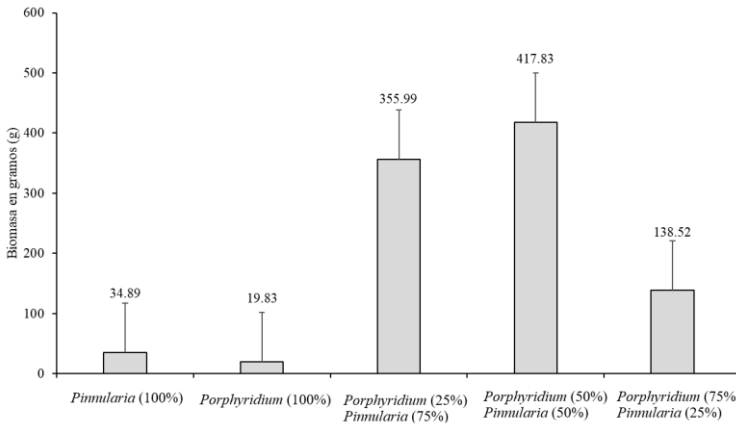


Figura 2.- Biomasa total obtenida en los cultivos de 160 L en los tratamientos experimentales.

Cuadro 1. Valores reproductivos de *A. franciscana*, alimentado con las cinco dietas experimentales.

Dietas experimentales	Tasa de reproducción por hembra (Ro)	Tiempo generacional de la cohorte (Tc)	Tasa de crecimiento poblacional (r)
Pinnularia (100%)	1.78	13.03	0.044
Porphyridium (100%)	0.58	2.542	-0.21
Porphyridium (25%) + *Pinnularia* (75%)	16.11	14.72	0.19
Porphyridium (50%) + *Pinnularia* (50%)	16.57	16.52	0.17
Porphyridium (75%) + *Pinnularia* (25%)	5.16	3.87	0.42

cultivos a una mayor salinidad, es importante considerar esta fuente de carbohidratos para obtener valores altos de biomasa obtenida. La producción de una biomasa bacteriana heterótrofa puede permitir también la utilización de los compuestos nitrogenados producido por los desechos y alimento no consumido, evitando el tener que estar cambiando de agua para mantener controlado los niveles de amonio y nitritos.

Otra cuestión muy importante en la realización de cultivo de *Artemia* sp. son las cosechas parciales que deben de hacerse en el sistema y no una cosecha final. Es importante considerar cosechas cada tercer día cuando la población ha llegado al estadio adulto y sobre todo cuando se observan la formación de parejas. Cuando llegan a esta etapa hay que dejar una semana para que se reproduzcan y entonces comenzar a realizar las cosechas parciales.

Madkour et al (2023), mencionan que, aunque *Artemia* en cultivo necesita una fuente de carbohidratos en mayor proporción que las microalgas, éstas suministran nutrientes importantes no solo para su crecimiento por lo que no se puede prescindir de ellas en su totalidad. Estos mismos autores mencionan que la salinidad adecuada para mantener a la *Artemia* cuando se encuentra en estadio pre-reproductivo es entre los 38 y 50 gL^{-1}, mientras que para cuando están en el estadio reproductivo se debe de mantener una salinidad entre los 60 y 80 gL^{-1}. Así mismo, mencionan que la fuente de carbohidratos a utilizar debe de tener un tamaño no más de 50 µm. Lyubomirova et al. (2023), mencionan que, para aumentar la fertilidad de las hembras de este crustáceo, la salinidad de cultivo debe de permanecer por arriba de los 60 gL^{-1} y así, la biomsa se obtiene entre las salinidades de 70-100 gL^{-1}, mientras que para producir quistes la salinidad debe de estar por arriba de 110 gL^{-1} de salinidad.

CONCLUSIONES

La combinación de una mezcla de microalgas permite obtener una mayor densidad de población y por consiguiente de mayor cantidad de biomasa como se pudo observar con la dieta 50:50% de *Porphyridium* y *Pinnularia.* Sería interesante probar estas dos dietas en esta proporción y añadiendo una fuente de carbohidratos adecuada para ver la posibilidad de incrementar su producción.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores que participan en el Área de Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables. A los alumnos de la Maestría en Ecología Aplicada y Ciencias Agropecuarias de la UAM-Xochimilco que participaron en esta investigación, así como de los Tesistas Doctorales Andrés Elías Castro Castellón y Arnulfo Misael Martínez Meingüer, los cuales contribuyen en el desarrollo de esta investigación.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Recursos propios de los Proyectos de Investigación de los integrantes del Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

REFERENCIAS

Lyubomirova, V., Ramanova, E., Romanov, V., Fasilov, E., Shlenkina, T., Vasiliev, A., Sveshnikova, E. (2023). Features of artemia salina ontogénesis in aquaculture depending in salt level. Aquaculture, 2022. No.381. Conference.

Madkour, K., Dawood, M.A.O., Sorgeloos, P., Sewilam, H. (2023). Effect of desalination brine in the fecundity of brine shrimp *Artemia franciscana* fed in rice brine. *Annals of Animal Science* 23(3): 869-875.

Sui, L.Y., Wang, J., Nguyen, V.H., Sorgeloos, P. Bossier, P., Van Stappen G. Increased carbon and nitrogen supplementation in *Artemia* culture ponds results in higher cyst yields. *Aquaculture International* 21: 1343–1354. https://doi.org/10.1007/s10499-013-9637-6

Toi, H.T., Van Hoa, N., Bossier, P., Sorgeloos, P., Van Stappen, G. (2013). Promoting bacteria growth by manipulating carbon/nitrogen ratio and use as microalgae substitution for filter feeders: a demonstration on *Artemia* culture. Commun. *Agriculture Application Biological Science* 78(4):198-201.

Vinatea E., Vega A. y Adrianzén E. (2002). *Artemia* Camarón de Salmuera: Bioecología y Nutrición. Tomo I. Dirección de Post Grado de la Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias de la U.N.F.V. Lima, Perú.

COMPARACIÓN DE GANANCIA EN TALLA, PESO, TCA, TIC, KM, Y EFICIENCIA ALIMENTARIA DE LA TILAPIA PARGO UNAM CULTIVADO EN BIOFLOC E INCORPORACIÓN DE LAS MICROALGAS *Scenedesmus* sp. Y *Pinnularia* sp.

Germán Castro-Mejía*. Jorge Castro-Mejía, Arnulfo Misael Martínez-Meingüer, Andrés Elías Castro-Castellón, María del Carmen Monroy-Dosta, José Antonio Mata-Sotres, Ana Fernanda Flores-Gonzalez, José Alberto Ramirez-Torrez, Irina Cruz-Cruz

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División de CBS. Depto. El Hombre y su Ambiente. Área: Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Renovables Acuáticos.

*Autor de correspondencia: gecastro@correo.xoc.uam.mx

Palabra clave. Tilapia, Tasas de crecimiento, factor de condición, eficiencia alimenticia

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de estrategias más sostenibles y productivas para la acuicultura se han encontrado diversos estudios que han constatado la eficiencia de la producción de tilapia en Biofloc (Gaitán et al. (2022), pues este sistema provee un suplemento mineral y vitamínico para el mantenimiento de una alta productividad de los peces, además disminuye los costos de mano de obra y aireación, así como los demás costos fijos de mantenimiento y operación de la piscicultura.

Aunque el Biofloc resuelve el problema del sistema a implementar, aún es necesaria la implementación de aditivos nutricionales que magnifiquen las ganancias en peso y talla en estos organismos. Las microalgas presentan alto contenido nutricional con niveles elevados de proteínas, carbohidratos, ácidos grasos, y vitaminas (Hernández et al.,2019). Sin embargo, es importante señalar que los requerimientos nutricionales adecuados son difíciles de establecer, debido a que la composición de las microalgas puede variar con las condiciones de cultivo y su influencia en el organismo depende de la edad, talla, y condición reproductiva del pez, ocasionando variación en su crecimiento de talla y peso.

Por lo anterior el objetivo de este estudio es evaluar la eficacia que tiene *Scenedesmus* sp. como aporte principal de proteínas y pigmentos y de *Pinnularia* sp. una microalga parda rica en lípidos y carbohidratos, aunado con el cultivo de las tilapias en un sistema Biofloc, rico en biomasa bacteriana y zooplancton.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se colocaron 10 peces por estanque de 250 L, los cuales medían 0.80 m de alto y 0.70 m de ancho (Figura 1). Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron constantes durante las 18 semanas con una temperatura de 26 y 27°C, oxígeno disuelto de 6.7 y un pH de 8.0 - 8.05. Para producir el Biofloc, se añadió a los estanques cada día moringa en polvo (0.1% peso total de los organismos en cultivo) y se colocó aireación continua para mantener en movimiento el material orgánico suspendido en el agua. El experimento tuvo una duración de 120 días. En todos los tratamientos, los peces fueron alimentados con alimento inerte de 3-4 mm (36% proteína, 37% carbohidratos, 14% minerales, 8% grasa, 5% grasa, y 5% fibra). El alimento se agregó al 10% de la biomasa total de los organismos dividido en dos porciones al día (9:00 hrs y 16:00 hrs). Los tratamientos que se usaron fueron: a) Tratamiento Control; b) 2.5 cel x 10^6; c) 5.0 cel x 10^6; d) 10.0 cel x 10^6. Las microalgas se suministraron juntas en una cantidad de 1 L (500 mL *Scenedesmus* sp./500 mL *Pinnularia* sp.). Los peces obtenidos de una granja del Estado de Morelos, México fueron

medidos y pesados antes de ser introducidos a cada uno de los estanques y posteriormente cada 15 días. Estas biometrías se realizaron con la ayuda de un Vernier digital (0.001 de precisión) y una balanza analítica Ohaus (0.001 precisión). Todos los valores obtenidos fueron introducidos a una base de datos en Excel 2019 para obtener el análisis descriptivo. También se obtuvieron curvas de tendencia de crecimiento para cada variable biométrica. Además, se obtuvieron la ganancia en la longitud y en el peso (Longitud = Longitud final-Longitud inicial; Peso = Peso final-Peso inicial). A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza de un solo factor para encontrar diferencias significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos. Al encontrar diferencias, se aplicó una prueba de comparación de medias múltiples por medio de la técnica de Tukey para determinar entre qué tratamientos existen las diferencias significativas ($P<0.05$).

RESULTADOS

En el tratamiento Control y 10 cel x 10^6 la supervivencia fue del 80%, mientras que el valor mayor fue de 85% para el tratamiento de 5.0 cel x 10^6, y de 82% para el tratamiento de 2.5 cel x 10^6. Como se puede observar los organismos que obtuvieron el mayor peso fueron aquellos cultivados en el tratamiento de incorporación de 10.0 cel x 10^6 de ambas microalgas con 598.53±0.60 g. Este valor es significativamente diferente ($P<0.05$) con los demás tratamientos. El valor más bajo (458.30±0.75 g), se encontró en el tratamiento de 2.5 cel x 10^6 de ambas microalgas, siendo diferentes significativamente ($P<0.05$) con los demás tratamientos. Cabe mencionar que los organismos en la dieta control alcanzaron mayor peso (540.41±0.64 g) que los tratamientos con 2.5 y 5.0 cel x 10^6. En cuanto a la longitud de los peces, el tratamiento que obtuvo mayor valor fue el Control con 44.76±0.13 cm y el valor más bajo (29.67±0.26 cm) en el tratamiento con 5.0 cel x 10^6. En ambos casos, la diferencia es significativa ($P<0.05$) con respecto a los demás tratamientos. En la Figura 1 se presentan las curvas de crecimiento de los organismos en cultivo con Biofloc. En la Figura 2 se presentan los valores de la ganancia en talla y peso. En donde se observa que la mayor ganancia de peso de los organismos fue en el tratamiento de 10 cel x 10^6 0 org $250L^{-1}$ con 596.66 g y el valor menor fue para el tratamiento de 2.5 cel x 10^6 con 456.45 cm. En lo que respecta a la longitud, la mayor ganancia se presentó en el tratamiento Control con 41.06 cm y la menor ganancia fue para el tratamiento 5.0 cel x 10^6 con 28.17 cm.

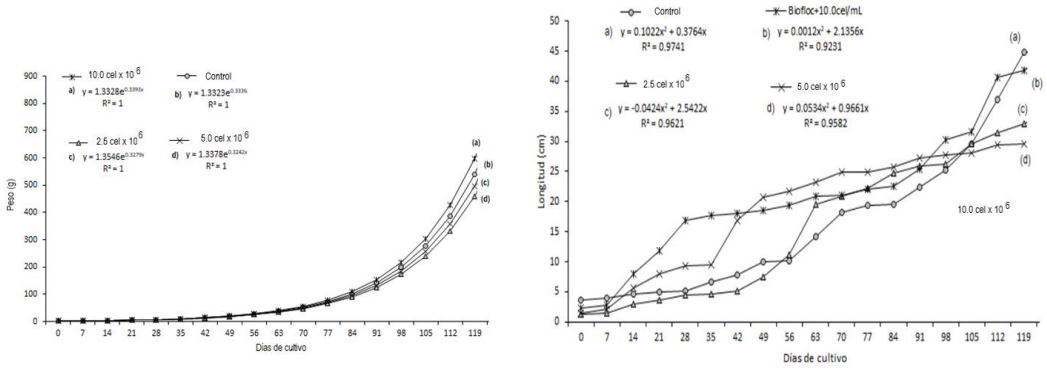


Figura 1. Curvas de crecimiento de peso y longitud de los organismos en los tratamientos experimentales.

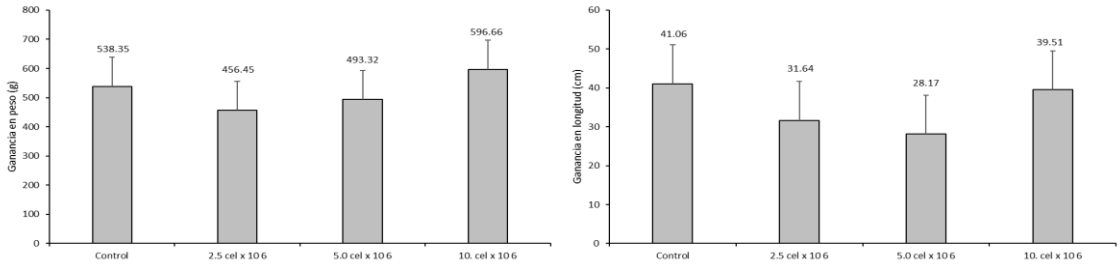


Figura 2. Ganancia de longitud y peso de los organismos en cultivo en los tratamientos experimentales

DISCUSIÓN

En estudios recientes se ha determinado que los constituyentes del Biofloc no llegan a aportar los nutrientes necesarios para los organismos en cultivo o estos no se encuentran en suficiente concentración (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas, y minerales) por lo que la incorporación de alimentos ricos en estos compuestos beneficia el crecimiento, en talla y peso de los organismos como la Tilapia.

El uso de la incorporación de microalgas ya sea en la parte larvaria, así como en el crecimiento de la tilapia, comienza a ser una técnica implementada para mejorar la supervivencia, bienestar, y el crecimiento adecuado de peso y talla en los individuos (Amaru y Yujura, 2023; Zaharan et al., 2023). Debido a que muchas de las microalgas presentan un tamaño adecuado y una pared celular de fácil digestión (Amaru y Yujura, 2023), son ricas en ácidos grasos poliinsaturados tanto de w3 (para peces de agua dulce) y w6 (para peces de agua marina) (Barraza-Guardado et al., 2019), aunque estos autores mencionan que el porcentaje de inclusión no debe de pasar del 10% ya que se puede encontrar un problema de palatabilidad, así como el tener cuidado de usar microalgas como la *Isochrysis* sp. y *Nannochloropsis* sp. debido a su alta concentración de celulosa en su pared celular y por tener polisacáridos de difícil digestión. Sin embargo, autores como Zaharan et al. (2023) menciona que la microalga *Nannochloropsis* sp. que es rica en ácidos grasos w3 (20:5w3 y 22:6w3) si tan solo se integran en un 5% a la dieta pueden servir como precursoras de hormonas de crecimiento, tener una capacidad antioxidante, así como una capacidad inmunoestimulante, antiinflamatoria y anticancerígena por los estrógenos que contiene. En cuanto a la supervivencia de las tilapias al añadir microalga tenemos que Barraza-Guardado et al. (2019) trabajando con la incorporación de *Chlorella, Spirulina, Isochrysis, y Nannochloropsis* encontraron un intervalo entre los 87 a 95%, valores por arriba de lo encontrado en esta investigación (80-85%). pero en este trabajo incorporando la microalga *Pinnularia* sp., la cual es rica en lípidos y muy probablemente rica en ácidos grasos w3, que además contiene vitaminas, minerales, pigmentos, y glucanos que tienen propiedades inmunoestimulantes, oxidantes y antiinflamatorias lo que le confiere un mejor grado de bienestar a los peces (Barraza-Guardado et al., 2019). Sin embargo, no es lo mismo utilizar cuatro microalgas con diferentes composiciones nutricionales de proteínas y lípidos, que con solamente dos. En cuanto a la ganancia de peso de los individuos se puede observar que las tilapias presentan una mayor ganancia en los tratamientos en los cuales se introduce la microalga. Por ejemplo, Barraza-Guardado et al. (2019), mencionan que la mejor ganancia en peso en un cultivo de 53 días fue con *Nannochloropsis* sp. con 76.3±11.1 g, mientras que Zahran et al. (2023), usando la misma microalga observa una mayor ganancia en peso (38.27±3.03 g) cuando esta es incluida en una proporción del 10% en la dieta y casi 10 g menos (28.28±2.32) cuando tan solo se incluye el 5% de la microalga. Esto realizado en tan solo dos semanas de cultivo. Con este experimento y sus tratamientos con las microalgas *Scenedesmus* y *Pinnularia* en 120 días de cultivo se obtuvieron ganancias de peso de 596.66 g a una concentración de 10 cel x10^6 y una diferencia

de más de 100 gramos (456.45 g) en el tratamiento de 2.5 cel x 10^6. Cabe señalar, que a la concentración de 5.0 cel x 10^6 fue el que presentó la menor ganancia en el experimento.

CONCLUSIONES

Por todo lo anterior, la incorporación de microalgas en los cultivos, no solo de tilapias, sino de truchas, bagres, peces de ornato, así como de crustáceos es importante de ser considerados ya sea como su incorporación en la dieta seca en forma de harina o pasta o sea utilizada como ingrediente para la formación de flóculos en el sistema Biofloc que permita la acumulación de organismos filtradores y bacterias que conforman una densidad de biomasa utilizable como alimento disponible en todo momento. Disminuyendo grandemente, los costos en la alimentación y mejorando el bienestar y el crecimiento de los peces y crustáceos en cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece todo el apoyo a la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y al laboratorio de Producción de Alimento Vivo del Departamento El Hombre y su Ambiente para la realización de los experimentos con Tilapia.

FUENTE FINANCIADORA

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaru CRG y Yujra FE. 2023. Efecto de la microalga *Chlorella vulgaris* en el manejo de larvas y alevinos de *Orestias luteus* nativa del lago Titicaca, Perú. Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research 25(2), 83-89.

Barraza-Guardado RH, Pérez-Villalba AM, González-Félix ML, Ortega-Urbina JAT, Muñoz-Hernández R, Zúñiga-Panduro M, Pérez-Velázquez M. 2019. Uso de microalgas como constituyentes parciales del alimento balanceado para engorda de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Biotecnia / XXII (1): 135-141.

Gaitán S.J., Carpas IES, Restrepo FGM, 2022. Tecnología Biofloc: perspectivas de aplicación en procesos de producción piscícola sostenible. Revista Lasallista de Investigación. Enero-Junio. 19(1): 165-181.

Hernández MLE, Londoño VJI, Hernández GKA, Torres HLC. 2019. Los sistemas Biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. Medicina Veterinaria y Zootecnia 14(1): 70-99.

Zaharan E, Elbahnaswy S, Ahmed F, Ibrahim I, Khaled AA, Eldessouki EA. 2023. Nutritional and immunological evaluation of *Nannochloropsis oculata* as a potential Nile tilapia-aquafeed supplement. BMC Veterinary Research 19:65. https://doi.org/10.1186/s12917-023-03618-z.

EFECTO DE LA SELECCIÓN SOBRE FRECUENCIAS ALÉLICAS DE SNPS ASOCIADOS CON RESISTENCIA AL SÍNDROME DE MANCHA BLANCA EN *LITOPENAEUS VANNAMEI*

David Lozada-Salas[1], Thania Medrano-Mendoza[1,3], Vito Antonio Mastrochirico-Filho[2], Alejandra Caballero-Zamora[1,3], Juan Carlos Quintana-Casares[3]; Gabriel Ricardo Campos-Montes[1*]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Xochimilco, [2]Universidade Estadual Paulista, [3]Genetica MarSel S.A. de C.V.

[*]**Autor para correspondencia**: gcampos@correo.xoc.uam.mx

Palabras Clave: Selección, *Litopenaeus vannamei*, Virus del síndrome de la mancha blanca

INTRODUCCIÓN

La producción de *Litopenaeus vannamei* se ha visto afectada por diversos patógenos, entre los que ha destacado el virus del síndrome de la mancha blanca (VSMB), que ha causado daños debido a la alta tasa de mortalidad en las poblaciones infectadas, cercanas al 100% en cuestión de días (Medrano-Mendoza et al., 2023). Con el objetivo de reducir la mortalidad que causa este virus, indicadores de resistencia al VSMB han sido incluidos como criterio de selección en los programas de mejoramiento genético (PMG) de *L. vannamei* (Campos-Montes et al., 2020). Es de esperar que esta selección altere la arquitectura y la variabilidad del genoma en regiones asociadas a los procesos fisiológicos o celulares relacionados con la resistencia al VSMB, lo que se reflejará en huellas de selección que permitan establecer diferencias entre poblaciones, identificar individuos con ventajas productivas para este caracter y detectar regiones genómicas relacionadas a procesos fisiológicos o celulares (Nielsen, 2005); tal es el caso del marcador AX-250023883, asociado al gen *Arylsulfatase B-like*, que participa en la respuesta inmune humoral en *L. vannamei* (Medrano-Mendoza et al., 2023).

La implementación de herramientas genómicas como el microarreglo Aqua-Array HD (50 K) vannamei®, desarrollado por Neogen® (Nebraska, USA), ha permitido el uso de marcadores de tipo SNP (Por sus siglas en inglés Single Nucleoide Polymorphism) para analizar los cambios en la estructura del genoma que pudieron haber sido producidos por procesos de selección. Una alternativa para ello es el uso del índice de diferenciación genética (F_{ST}), que mide la discrepancia genética entre grupos a partir de las frecuencias alélicas, ya sea de genes o de SNPs, indicando cuando un locus específico podría estar influenciado por presiones selectivas. El índice F_{ST} indica cambios en la heterocigosidad que existe dentro de una subpoblación en comparación con la heterocigosidad esperada; por lo tanto, valores cercanos o iguales a 0 indican que no hay una diferenciación entre poblaciones, mientras que los valores mayores a 0.05 indican indicios de diferenciación entre grupos de individuos, que puede ser producida por presión selectiva (Porto-Neto et al., 2013). Dado lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en las frecuencias alélicas de SNPs asociados a la resistencia al VSMB en una población de *Litopenaeus vannamei* seleccionada para este caracter.

METODOLOGÍA

Se utilizaron datos del núcleo genético de *L. vannamei* de la empresa Genética MarSel S.A. de C.V., ubicada en Sinaloa, México. Esta población se fundó en el año 1998 y está conformada a partir de

poblaciones comerciales, provenientes de Venezuela, Colombia, Estados Unidos, Panamá, Ecuador y animales silvestres domesticados de origen mexicano. En esta población se aplicó un esquema de selección familiar e intrafamiliar, basado en índices de selección que priorizaron el peso a la cosecha sobre la supervivencia en estanques comerciales. Las familias en esta población fueron conformadas mediante inseminación artificial, con una relación macho: hembra 1:2 y una consanguinidad máxima esperada del 6.25%. A partir del año 2013 la población incluyó indicadores de resistencia al VSMB como criterio de selección (tiempo de muerte postinfección y supervivencia la final del desafío), y desde el 2020 se incorporó el uso de información genómica en los procesos de selección.

Se consideraron 5,330 organismos, pertenecientes a cuatro generaciones, los cuales fueron genotipados mediante el microarreglo Aqua-Array HD (50K) vannamei®, desarrollado por Neogen® (Nebraska, USA), que incluye un total de 50,811 SNPs. A partir de estudios de asociación genómica para indicadores de resistencia al VSMB, se extrajo la información de seis SNPs; dos relacionados a supervivencia y tiempo de muerte postinfección al VSMB reportados por Medrano-Mendoza et al., (2023) (AX-250023883 y AX-249628701) y cuatro SNPs asociados a la carga viral del VSMB (AX-249690027, AX-249678634, AX-249845795, AX-249696396) (Datos sin publicar). Ambos estudios derivados de desafíos controlados al VSMB, donde se contemplaron organismos muertos y supervivientes.

Se obtuvieron las frecuencias de alelo menor (MAF) para cada SNP en cada generación, además de que se realizó el cálculo de la diferenciación del primer año contra el último (ΔMAF) y se evaluó la diferencia entre las frecuencias genotípicas de la generación inicial (2020) con respecto a la final (2024); por medio de una ji-cuadrada (α =0.008, ajustado por Bonferroni). Posteriormente, se calculó el F_{ST} para cada SNP, según el método de Weir y Cockerham, utilizando PLINK 1.9. Para estimar la diferenciación genética, se consideró que un SNP estaba afectado por procesos selectivos cuando F_{ST} fuera mayor a 0.05 (Weir & Cockerham, 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EL SNP AX-250023883 presentó un ΔMAF negativo, además de ser el de mayor valor absoluto, lo que implicaría una tendencia del alelo menor a desaparecer de la población, por otro lado, el AX-249678634 registró un ΔMAF de cero, lo que implica que probablemente no se ha visto afectado por algún tipo de proceso selectivo durante el período analizado. Los resultados se resumen en el Cuadro 1.

Las frecuencias genotípicas (Cuadro 2) de los SNPs AX-250023883, AX-249628701 y AX-249696396 presentaron diferencias significativas ($P< 0.008$) entre la generación del año 2020 y la del 2024; en el primero existe una disminución importante de homocigotos del alelo menor, mientras que en los otros dos existe un incremento en la heterocigosidad; lo anterior, podría indicar una presión selectiva en contra del alelo menor de AX-250023883 y a favor de este en los SNPs AX-249628701 y AX-249696396.

Los resultados de F_{ST} se resumen en el Cuadro 1. El marcador AX-250023883 mostró un valor de F_{ST} significativo, lo que sugiere la presencia de presión selectiva sobre este marcador, este resultado concuerda con la importancia relativa de esta región genómica y los genes contenidos en ella, para la resistencia al VSMB, como fue reportado por Medrano-Mendoza et al., (2023), cuyos resultados asociaron este marcador con el tiempo de muerte postinfección y la supervivencia en *L. vannamei* en desafíos

controlados al VSMB. Adicionalmente, los marcadores: AX-249628701 y AX-249696396 presentaron valores de F_{ST} mayores a 0.015, que, si bien no son significativos, en conjunto con los cambios de la estructura genotípica entre generación, implicarían menores presiones selectivas en esas regiones genómicas en comparación de la señalada para AX-250023883 (Nielsen R., 2005).

Cuadro 1. Cambio en frecuencia de alelo menor (Δ MAF) e índice de diferenciación genética (F_{ST}) para SNPs asociados a la resistencia al virus del Síndrome de la mancha blanca en *Litopenaeus vannamei*

SNP	Caracter	Δ MAF	F_{ST}
AX-250023883	SUP, TM	-0.13	0.0624
AX-249628701	SUP	0.06	0.0154
AX-249690027	CV	-0.03	0.0006
AX-249678634	CV	0.00	-0.0001
AX-249845795	CV	-0.02	0.0109
AX-249696396	CV	0.03	0.0153

SUP: Supervivencia; TM: Tiempo de muerte; CV: Carga viral

Cuadro 2. Frecuencias genotípicas de la generación inicial (2020) y final (2024) de SNPs asociados a resistencia al virus del Síndrome de la mancha blanca en *Litopenaeus vannamei*

	AX-250023883	*AX-249628701*	*AX-249690027*	*AX-249678634*	*AX-249845795*	*AX-249696396*
			2020			
p^2	0.740	0.846	0.723	0.774	0.774	0.960
2pq	0.241	0.147	0.241	0.211	0.211	0.039
q^2	0.020	0.006	0.023	0.014	0.014	0.040
			2024			
p^2	0.980	0.740	0.774	0.774	0.810	0.903
2pq	0.020	0.241	0.211	0.211	0.180	0.095
q^2	0.000	0.020	0.014	0.014	0.010	0.003
P value	< 0.0001	0.0015	0.2339	1.0000	0.3836	0.0022

CONCLUSIÓN

Los procesos de selección para la resistencia al VSMB podrían estar relacionados con la alteración de la arquitectura y variabilidad de las regiones asociadas a los SNPs AX-250023883, AX-249628701 y AX-249696396. Los resultados obtenidos, sugieren que la región genómica asociada al SNP AX-250023883, tiene mayor relación con los criterios fenotípicos de selección utilizados en la población, que las regiones relacionadas con los SNPs AX-249628701 y AX-249696396. Es importante considerar que este último está relacionado con la carga viral, que no se contempla en el PMG de la población. Estos hallazgos permiten considerar alternativas para mejorar los procesos de selección para la resistencia al VSMB en *L. vannamei*.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X), y a Genética MarSel S.A. de C.V. por el apoyo técnico y financiero proporcionado para la realización de este estudio. Asimismo, se agradece al SECIHTI, México, por financiar la beca del primer autor (Reg. No. 2052874) para la realización de sus estudios en la Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

REFERENCIAS

- Campos-Montes, G. R., Caballero-Zamora, A., Montaldo, H. H., Montoya-Rodríguez, L., Rodríguez-Sala, B. G. G., Rodríguez, S. A. S., Martinez-Ortega, A., Quintana-Casares, J. C., & Castillo-Juárez, H. (2020). Genetic (co)variation in resistance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* to acute hepatopancreatic necrosis disease (AHPND) and white spot syndrome virus (WSSV) in challenge tests. *Aquaculture, 520*, 734994. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734994
- Medrano-Mendoza, T., García, B. F., Caballero-Zamora, A., Yáñez, J. M., Montoya-Rodríguez, L., Quintana-Casares, J. C., Durán-Aguilar, M., & Campos-Montes, G. R. (2023). Genetic diversity, population structure, linkage disequilibrium and GWAS for resistance to WSSV in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using a 50K SNP chip. *Aquaculture, 562*, 738835. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738835
- Nielsen, R. (2005). Molecular signatures of natural selection. *Annual Review of Genetics, 39*(1), 197–218. https://doi.org/10.1146/annurev.genet.39.073003.112420
- Porto-Neto, L. R., Lee, S. H., Lee, H. K., & Gondro, C. (2013). Detection of signatures of selection using F_{ST}. In *Genome-wide association studies and genomic prediction* (pp. 423–436). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-447-0_19
- Weir, B. S., & Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution, 38*(6), 1358–1370. https://doi.org/10.2307/2408641

INFLUENCIA DE LA SALINIDAD EN EL CRECIMIENTO CELULAR DE Porphyridium cruentum BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

Ana Fernanda Flores-González*, José Antonio Mata-Sotres, Jorge Castro-Mejía, Germán Castro-Mejía, Andrés Elías Castro-Castellón, Arnulfo Misael Martínez-Meingüer, María del Carmen Monroy-Dosta, Irina Cruz-Cruz, José Alberto Ramírez-Torrez

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Depto. El Hombre y su Ambiente. Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

*Autor para correspondencia: ferglz1923@gmail.com

Palabras clave. Cultivo, *Porphyridium*, salinidades

INTRODUCCIÓN

Las microalgas son organismos unicelulares fotosintéticos de alta relevancia ecológica y biotecnológica pues constituyen los principales productores primarios y debido a sus altos valores nutricionales, son parte fundamental en la alimentación para diferentes etapas de organismos en acuicultura (Banerjee *et al*., 2010). Se caracterizan por tener elevadas tasas de producción y una gran capacidad de adaptación a diversos ambientes, lo que les permite habitar en cualquier medio acuático que disponga de una adecuada fuente de carbono, nutrientes, salinidad y exposición a la luz (Molina *et al*., 2007). Sin embargo, en condiciones específicas de cultivo tienen la capacidad de responder a estos cambios al regular sus metabolitos para obtener una mayor producción de sustancias bioactivas de interés comercial, como proteínas, lípidos, vitaminas, polisacáridos, enzimas y pigmentos, lo que ha generado una gran cantidad de usos, ya que se pueden utilizar en la fabricación de productos biotecnológicos como biocombustibles, suplementos alimenticios, biofertilizantes, pigmentos para la industria cosmética o alimenticia (Lu *et al*., 2020

Entre ellas, *Porphyridium cruentum* ha llamado la atención por su capacidad de producir metabolitos de alto valor como pigmentos, ácidos grasos poliinsaturados y polisacáridos sulfatados, compuestos con aplicaciones potenciales en la industria farmacéutica, cosmética y acuícola (Lu *et al*., 2020). La salinidad es un factor abiótico determinante para el crecimiento de esta microalga, ya que influye en su metabolismo, morfología y tasa de división celular. En este contexto, se ha observado que *P. cruentum* puede tolerar un amplio rango de salinidades, aunque su crecimiento óptimo varía según la cepa y las condiciones de cultivo (Kim *et al*., 2017; Lu *et al*., 2020). Sin embargo, aún existen vacíos de información sobre su comportamiento bajo condiciones controladas de laboratorio.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cinco concentraciones salinas (35, 45, 55, 65 y 75 gL^{-1}) sobre el crecimiento celular, tasa de crecimiento específica y tiempo de duplicación de *P. cruentum* cultivada en condiciones de laboratorio.

Palabras clave: *Porphyridium*, salinidad, crecimiento celular

MATERIALES Y MÉTODOS

La microalga fue adquirida del cepario de microalgas del Laboratorio de Producción de Alimento Vivo y Biofloc en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

De una muestra aislada de *P. cruentum* obtenida de un cultivo en placa, se inoculó en matraces de 500 mL de agua salina a 45 PSU, hasta alcanzar una concentración 34,500 células mL^{-1} para utilizarlo

posteriormente como inóculo inicial, se mantuvieron bajo una fuente de luz cálida producido por un foco LED suministrando una irradiancia de 50 µmol m^{-2} s^{-1}, con periodos de luz/oscuridad de 12 horas, agitación suave y continua para evitar que el cultivo se precipitara al fondo del contendedor. El pH se mantuvo a 7.5 y la temperatura de 25± 2 °C.

Para el cultivo de la microalga *P. cruentum* se utilizaron contenedores de plástico de 18 L de capacidad considerando cinco concentraciones distintas de salinidad (35, 45, 55, 65, y 75 gL^{-1}) con tres réplicas por tratamiento, manteniendo los parámetros antes mencionados. Cada tercer día, los cultivos fueron fertilizados con 0.5 mL de Triple17 (17% de N-P-K) y 1.0 mL de un multivitamínico comercial. Para evitar que la salinidad de los diferentes tratamientos experimentales fluctuara, cada tercer día se midió la salinidad de los cultivos con la ayuda de un refractómetro

La densidad celular se cuantificó durante los 30 días del periodo experimental, con una cámara de Neubauer de 0.1 mm de profundidad y bajo observación en un microscopio óptico Con base en el número de células por mililitro se construyó la curva de crecimiento. Los parámetros cinéticos seleccionados fueron la tasa de crecimiento específica (µ) y el tiempo de duplicación (TD). Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de una vía con el objeto de determinar diferencias entre tratamientos y en caso de presentar diferencias significativas ($p<0.05$) se realizó una prueba de medias múltiples por medio de la técnica de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que *P. cruentum* creció en todos los tratamientos, aunque con diferencias significativas ($p < 0.001$) entre ellos. La densidad celular final más alta se obtuvo en 55 gL^{-1} (50.99 x10^5 cel/mL), seguido de 75 gL^{-1} (47.57 x10^5 cel/mL) y 65 gL^{-1} (42.10 x10^5 cel/mL). En contraste, la menor densidad se observó en 45 gL^{-1} (20.17 x10^5 cel/mL).

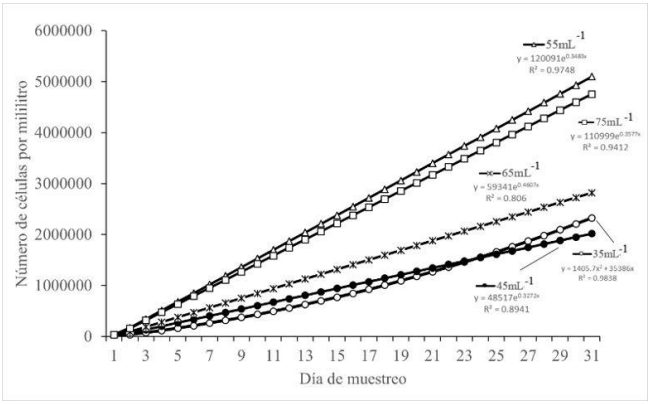


Figura 1. Curvas de crecimiento celular por mililitro en los cinco tratamientos experimentales de cultivo de *P. cruentum.*

Cabe señalar que se requieren estrictamente medios salinos para cultivar a *P. cruentum,* puesto que la baja salinidad podría suprimir significativamente el crecimiento y cambiar su morfología celular (*Lu et al*., 2020) Lo que se afirma con los resultados experimentales en este estudio, los cuales mostraron que *P. cruentum* crece lentamente en condiciones de salinidad baja (45 gL^{-1}), sin embargo, en condiciones de salinidad aún menor (35 gL^{-1}) el crecimiento celular fue mayor después del día 24. Resultados similares se reportan en un estudio de Kim *et al*. (2017) al comparar las condiciones de cultivo de *P.cruentum* quienes afirmaron que se puede cultivar de manera óptima en agua salada y agua salobre considerando el momento de cosecha específico para obtener la máxima biomasa. Por lo tanto, se sugiere que se puede alcanzar el objetivo de producir una alta concentración celular mediante el cultivo por fases. El cultivo en concentraciones salinas altas se puede utilizar para hacer crecer y acumular rápidamente células *de P. cruentum* en el cultivo inicial, y el cultivo en bajas concentraciones salinas se puede utilizar para prolongar el tiempo de supervivencia de las células y hacer que la biomasa continúe aumentando y acumulándose en el cultivo posterior. En la figura 1 se pueden observar las curvas de crecimiento celular de *P. cruentum* cultivada a distintas condiciones de salinidad.

En cuanto a la tasa de crecimiento específica (μ) más alta se registró en el tratamiento de 55 gL^{-1} (0.167 d^{-1}), seguido de 75 gL^{-1} (0.164 d^{-1}), mientras que el tiempo de duplicación más corto (0.03 días) también correspondió a 55 gL^{-1}. Estos resultados coinciden con lo reportado por Manandhar-Shrestha *et al*. (2009) donde analizaron la respuesta de la fotosíntesis al estrés por salinidad en *Porphyridium* sp, demostraron que las células son capaces de aclimatarse al estrés iónico, reflejado en su capacidad para establecer una nueva fase de crecimiento después de un breve periodo de retraso resultante de la exposición al estrés por salinidad elevada.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación mostraron que la concentración salina óptima para el crecimiento *de P. cruentum* en condiciones de laboratorio es de 55 gL^{-1}. Sin embargo, es posible el crecimiento celular por fases. Dada la relevancia de esta microalga debido a los metabolitos de interés comercial que sintetiza, es esencial considerar la combinación óptima de las condiciones de cultivo, como la salinidad, y los medios de cultivo para maximizar la producción de compuestos de interés, así como una alta densidad celular.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece a la Maestría en Ecología Aplicada y al Laboratorio de Producción de Alimento Vivo y Biofloc de la UAM-Xochimilco. Esta investigación fue financiada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)

REFERENCIAS

Banerjee S, Khatoon H, Shariff M, Yusoff FM. Enhancement of *Penaeus monodon* shrimp postlavae growth and survival without water exchange using marine *Bacillus pumilus* and periphytic microalgae. Fisheries Science. 2010; 76:481-487.

Kim HM, Oh CH, Bae HJ. Comparison of red microalgae (*Porphyridium cruentum*) culture conditions for bioethanol production. Bioresource technology. 2017; 233:44-50.

Lu X, Nan F, Feng J, Lv J, Liu Q, Liu X, *et al.* Effects of Different Environmental Factors on the Growth and Bioactive Substance Accumulation of *Porphyridium purpureum.* International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020; 17(7):2221.

Manandhar-Shrestha K, Arad S, Vonshak A. DCMU-resistance mutation confers resistance to high salt stress in the red microalga *Porphyridium* sp. (Rhodophyta). European Journal of Phycology. 2009; 44(3):339-346.

Molina L, Jonte L, Mora R, Ortega J, Morales E. Influencia de la salinidad sobre el crecimiento de la microalga *Rhodosorus marinus* (Rhodophyta) en cultivos discontinuos. Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia. 2007; 24(01): 249-253.

EVALUACIÓN DE LA RESTRUCTURACIÓN POBLACIONAL SOBRE LA INHIBICIÓN SOCIAL DEL CRECIMIENTO EN LA ETAPA DE CRIANZA DE *BETTA SPLENDENS*

José Ricardo Salinas-Mollinedo[1]*, Psique Victoria Rivero-Martínez[2], Gabriel Ricardo Campos-Montes[3], Pedro Ochoa-Galván[4], Diana Andrea Sansores-Gómez[3], David Alberto Martínez-Espinosa[3].

[1]Maestría en Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco, [2]Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco, [3]Laboratorio de Sistemas Acuícolas, Departamento del Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco; [4]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

* ricardosalinasuamx@gmail.com

Palabras clave: *Betta splendens*, Efecto de inhibición social del crecimiento, acuicultura ornamental

INTRODUCCIÓN

El *Betta splendens* es una especie que originalmente en el siglo XIX fue criada para ser utilizada en peleas, similares a las de los gallos, debido a su característico comportamiento territorial y la vistosidad de sus movimientos. Actualmente es una de las principales especies cultivadas en la acuicultura ornamental de México y son apreciados por su amplia variedad de colores, el tamaño de su cuerpo, la distintiva forma de sus aletas, así como su facilidad de mantenimiento en acuarios, características que determinan su valor en el mercado ornamental (Watson et al., 2019).

Sin embargo, la crianza del pez betta presenta una problemática por la heterogeneidad de crecimiento en la etapa de crianza, misma que repercute en su comercialización. Esta situación se debe, en gran parte, a las interacciones sociales que se generan dentro de los sistemas de crianza. Una interacción común en diferentes especies acuícolas es el efecto de inhibición social del crecimiento, también conocido como efecto toro o de dominancia. Este se define como la influencia que tiene un individuo dominante (generalmente un macho) sobre el comportamiento, la dinámica social o el rendimiento en un grupo de organismos. La consecuencia de este efecto es la inhibición en el crecimiento de otros individuos con los que comparte el mismo entorno, generando una disparidad de tallas (Drews, 1993; Vega *et al.,* 2014). Este fenómeno es particularmente relevante en la crianza del pez *Betta splendens,* ya que, debido a su carácter territorial, se le asocia con altas tasas de mortalidad y con una menor proporción de individuos que alcanzan la talla mínima de comercialización en el tiempo previsto, repercutiendo en la rentabilidad de los sistemas de producción. Por lo anteriormente mencionado, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la restructuración poblacional sobre la inhibición social del crecimiento en la etapa de crianza de *Betta splendens.*

MATERIAL Y MÉTODOS

Se produjeron 165 alevines de *Betta splendens* mediante reproducción natural en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la UAM-X, estos fueron distribuidos de manera homogénea en cinco acuarios con capacidad de 20 litros. Dos de los acuarios mantuvieron la misma población durante el experimento (Control) y en los tres restantes, a partir de la primera semana de vida los individuos, se mezclaron cada semana para posteriormente resembrarlos aleatoriamente a densidades iguales (Redistribución).

La alimentación se ajustó, acorde al tamaño de los alevines, administrando *Turbatrix aceti, Panagrellus redivivus y Artemia salina* como alimento vivo, proporcionándolo dos veces al día. A la semana 12 post-

eclosión, a cada alevín con ayuda de un vernier digital marca Haimo®, se les midió el largo total (LT) y el largo de la aleta caudal (LAC).

Se identificó como individuos dominantes a aquellos con una diferencia en el LT con respecto a la media del acuario al que pertenecían (Control); y con la media de los acuarios con Redistribución semanal, mayor a dos desviaciones estándar. Para evaluar la redistribución de organismos como estrategia hacia la modificación del efecto de inhibición social del crecimiento, se analizaron el LT y el LAC, utilizando modelos de bloques aleatorios, donde se consideró como factor al manejo (Control y Redistribución) y al acuario como bloque. Se realizaron pruebas de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas entre ambos grupos, para cada característica. En ambos análisis se utilizó el software JMP18®. Asimismo, se realizó una prueba de Ji-cuadrada (X^2) para identificar si el tratamiento modifica la supervivencia de los organismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestra la estadística descriptiva para cada una de las características medidas en ambos tratamientos.

Cuadro1. Estadística descriptiva del largo total y largo de aleta caudal en el grupo control y de redistribución

Característica	Control				Redistribución			
	Media (Var)	Min	Max	CV	Media (Var)	Min	Max	CV
LT	15.74(20.22)	11.7	29.8	28.57	17.34(25.27)	9.13	25.9	28.95
LAC	3.24(0.37)	2.45	5	18.90	3.5(1.13)	1.83	4.98	30.30

***Medidas en milímetros, Var = varianza, Min= mínimo, Max= máximo, CV= coeficiente de variación expresado en porcentaje**

En el grupo de Redistribución no se detectaron organismos dominantes relacionados con el efecto de inhibición social del crecimiento. Se identificó un pez con LT superior en cada uno de los acuarios del grupo Control, que podrían ser individuos dominantes que lo cual indica la existencia de estructuras jerárquicas (Vega *et al.,* 2014). Sin embargo, no se detectaron diferencias entre las medias y varianzas del LT de ambos grupos (P = 0.3070 y 0.1806 respectivamente), a pesar de la presencia de individuos dominantes en el grupo Control. Es posible que el tiempo del experimento, permitió la presencia de estos organismos en el grupo Control, pero no el desarrollo de sus efectos en la población.

Por otro lado, para el LAC si existe heterocedasticidad (P =0.0008), siendo mayor la varianza en el grupo de Redistribución. Lo cual, podría deberse a que el estrés de la constante restructuración social provocara el desarrollo de aletas que cumplen la función de locomoción, lo cual es esencial para escapar del peligro, alimentarse, reproducirse o explorar su entorno, además de que, en esta especie, existen marcadas diferencias de las aletas entre sexos (Xie, *et al.,* 2024).

En la supervivencia final, se registraron porcentajes de 28.80% en el grupo Control y de 19.20% en el grupo de Redistribución; sin embargo, esta diferencia no fue significativa (P = 0.176). Estos porcentajes concuerdan con lo reportado por Catalán *et al.,* (2020), quien muestra que, en etapas tempranas de

desarrollo, es decir en el alevinaje, la supervivencia llega a ser baja, principalmente durante los primeros días post eclosión.

Se recomienda realizar estudios complementarios que incluyan un mayor número de individuos y réplicas, así como modificar la frecuencia y el inicio de la redistribución de alevines, para profundizar en la comprensión del efecto de inhibición social del crecimiento en sistemas de crianza de *Betta splendens.*

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones evaluadas, la redistribución constante de alevines de manera homogénea impide el establecimiento de jerarquías sociales; sin embargo, esta estrategia no genera diferencias significativas favorables en el crecimiento de *Betta splendens* durante la etapa temprana de crianza.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por su apoyo financiero al primer autor con el número (CVU) 2045710.

FUENTE FINANCIADORA

Este trabajo fue financiado por el proyecto “Acuicultura ornamental sustentable en zonas productivas y de comercialización”, desarrollado en el Laboratorio de Sistemas Acuícolas, adscrito al área de investigación “Sistemas y procesos ecológicos de los recursos acuáticos tropicales” de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Catalán, I. A., Reglero, P., & Álvarez, I. (2020). Research on early life stages of fish: A lively field. Marine Ecology Progress Series, 650, 1–5. https://doi.org/10.3354/meps13491
2. Drews, C. (1993). The concept and definition of dominance in animal behaviour. Behaviour, 125(3-4), 283–313. https://doi.org/10.1163/156853993X00290
3. Vega-Villasante, F., García-Guerrero, M., Cortés-Jacinto, E., Yamasaki-Granados, S., Montoya Martínez, C., Vargas-Ceballos, M., Chong, O., Guzmán-Arroyo, M., Farnés, O., Espinosa-Chaurand, L., & Nolasco, H. (2014). *Los camarones de agua dulce del género Macrobrachium: Biología, ecología y explotación*. En A. G. Jiménez-Quiroz, R. H. Castro & L. E. R. Gómez (Eds.), *Temas sobre investigaciones costeras* (pp. 273-315). Universidad de Guadalajara.
4. Watson, C. A., DiMaggio, M., Hill, J. E., Tuckett, Q. M., & Yanong, R. P. E. (2019). Evolución, cultura y cuidado del Betta splendens (FA212). EDIS, 2019(2). University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. https://doi.org/10.32473/edis-fa212-2019
5. Xie, M., Wang, P., Deng, Q., Liu, S., Zhang, Z., Wu, H., Xiang, J., Zhou, J., Yang, X., Song, R., Li, S., & Xie, Z. (2024). Allometric growth pattern and hunger tolerance of Hemibarbus maculatus Bleeker larvae. *Biology*, *13*(3), 164. https://doi.org/10.3390/biology13030164

CURVAS DE CRECIMIENTO DE *BETTA SPLENDENS* EN CONDICIONES DE LABORATORIO Y PRODUCCIÓN COMERCIAL

Diana Andrea Sansores-Gómez *[1], José Ricardo Salinas-Mollinedo[2], Psique Victoria Rivero-Martínez [3], Gabriel Ricardo Campos-Montes[2], Tatiana Alhelí Lugo-García[1], David Alberto Martínez-Espinosa[2].

[1] FMVZ, UNAM, [2]LSA UAM- Xochimilco,[3]DPAyA.

*dianasansores29@gmail.com

Palabras clave: Ornamental, *Betta splendens*, Curvas de crecimiento

INTRODUCCIÓN

El mercado de peces ornamentales se ha sostenido con el comercio de más de mil millones de organismos cada año; denotando importancia sobre el sector acuícola. A pesar de la creciente demanda que este sector ha tenido en los últimos años, se dispone de escasa información de la biología de estas especies; incluido el *Betta splendens,* el cual es uno de los peces que más se destacan dentro del mercado nacional e internacional y cuya demanda ha incrementado en los últimos años, por lo que es importante conocer no solo su anatomía o reproducción, sino también su crecimiento.

Conocer las curvas de crecimiento para características morfométricas permitiría precisar los momentos clave para su manejo y optimizar su producción. Para poder describir las curvas de crecimiento es necesario hacer mediciones morfométricas de forma continua a partir de la edad más temprana posible hasta, al menos, la talla comercial o de la madurez sexual. Es importante tener en cuenta que el crecimiento puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales que se tienen en los diferentes lugares de producción, por lo que el objetivo de este trabajo fue describir las curvas de crecimiento en el largo patrón, altura mínima y del largo de la aleta caudal bajo condiciones de laboratorio y de granja de tipo comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se llevó a cabo en el Núcleo Genético del Laboratorio de Sistemas Acuícolas (LSA) de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y en la Granja Cuautlita I (Granja) ubicada en Tetecala, Estado de Morelos. Se emplearon 291 ejemplares que fueron generados en el LSA a partir de 14 familias de hermanos completos, distribuidos en dos lotes. Una vez que los alevines absorbieron el saco vitelino (48 horas) y hasta la semana 8 fueron alimentados, de acuerdo con el tamaño de su boca, con alimento vivo (*Turbatrix aceti*, *Panagrellus redivivus*, *Artemia spp*) y alimento balanceado para peces omnívoros Silver cup “El Pedregal” ® (50% de proteína, grasa del 16%) con microtek de <0.04 mm. Posteriormente, los organismos que permanecieron en el LSA y en la Granja se les proporcionó alimento balanceado de la misma marca y mismo contenido nutricional con un microtek de 0.6 mm. La obtención de datos se realizó semanalmente con un vernier, a partir de la semana 6 post eclosión, se midió el Largo Patrón (LP), la Altura mínima (AM) y el Largo de la Aleta Caudal (LAC) de cada individuo (Figura 1); hasta que alcanzaron la talla mínima de venta (aproximadamente 3 cm). A las 8 semanas post eclosión, en cada lote, todos los individuos fueron combinados para homogeneizar el efecto del acuario de crecimiento y posteriormente divididos en dos grupos; uno se mantuvo en el LSA (n=173) y otro enviado a Granja (n=118).

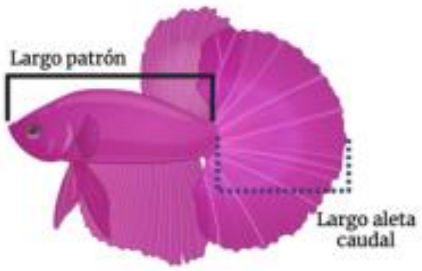


Figura 1. Mediciones en *Betta splendens*, LP= Largo patrón, AM= Altura mínima y LAC= Largo de la aleta caudal.

El análisis de cada una de las variables de interés, LP, AM y LAC para cada lugar se realizó a partir de un modelo lineal general usando el programa Jmp 13 ®. Se consideraron como efectos aleatorios el l individuo y el residuo; y como efectos fijos el lote y la semana de medición. Asimismo, se probaron los efectos lineal, cuadrático y cúbico de la semana de medición para cada variable utilizando un nivel de significancia de α= 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró una mortalidad promedio de la semana 8 a la 10 de edad de 32.89% y de 14.09%, en Granja y en el LSA, respectivamente; dejando 91 y 112 individuos, los cuáles se mantuvieron constantes hasta la semana 15 de edad que fue el punto de corte de las mediciones para este estudio. En los cuadros 1 y 2, se puede observar que la media para el LP inicial fue de 0.74 (0.15) mm y para AM 0.18 (0.06)

Cuadro 2. Estadística descriptiva del largo patrón, la altura mínima y el largo de la aleta caudal de *Betta splendens* en dos lugares de crecimiento

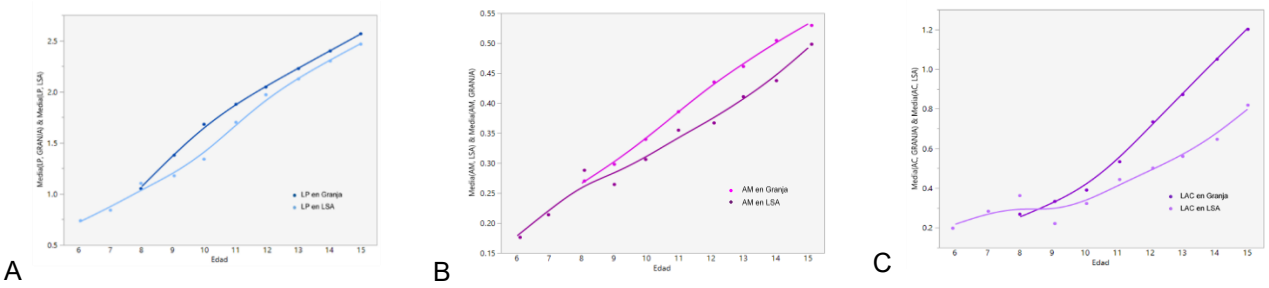
Semana	n	LP		AM		LAC	
		Media (D.E)	Rango	Media (D.E)	Rango	Media (D.E)	Rango
				LSA			
7	418	0.84 (0.19)	1.4	0.21 (0.06)	0.3	7	418
8	159	1.10 (0.34)	1.4	0.29 (0.10)	0.5	0.36 (0.13)	0.5
15	112	2.47 (0.32)	1.5	0.5 (0.10)	0.5	0.82 (0.31)	1.5
				Granja			
8	124	1.05 (0.20)	1.2	0.27 (0.06)	0.2	0.27 (0.06)	0.4
15	88	2.57 (0.32)	1.2	0.54 (0.10)	0.4	1.20 (0.39)	1.8

***mediciones en mm, D.E = desviación estándar, LP= largo patrón, AM= altura mínima, LAC= largo de la aleta caudal**

Las curvas de crecimiento para LP (Figura 2) muestran que en la semana 9 en Granja hubo un aumento de crecimiento constante, mientras que en el LSA la curva presentó un punto de inflexión en la semana 10. Dicha diferencia podría estar asociada a los efectos de la densidad de siembra de los diferentes estanques en Granja, consecuencia de altas mortalidades registradas en contraste con las del LSA, lo cual es consistente en otros estudios de otras especies acuícolas como el barbo sumatrano (*Puntius tetrazona*) y

el bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp*). A partir de la semana 12, la distancia entre las curvas de crecimiento de Granja y el LSA se estabilizan hasta la última medición.

Además, se obtuvieron los coeficientes de determinación (R^2) de cada variable, para el LP se puedo observar un valor de 0.82, incluyendo los efectos lineal, cuadrático y cúbico. En el caso de AM, se tiene un R^2= 0.66 donde únicamente el efecto lineal fue significativo; y en para LAC, la R^2= 0.57 considerando el efecto lineal y cuadrático.



A B C

Figura 2. Curvas de crecimiento para *Betta splendens*, de la semana 6 a la semana 15 de edad en Granja y LSA . A) Largo patrón promedio, B) Altura Mínima promedio y C) Largo de la Aleta Caudal promedio

Al comparar las curvas de crecimiento para AM y LAC se observó que existe un mayor crecimiento de la curva en Granja, aunque en ninguna de las características se presentó un punto de inflexión hacia una meseta de crecimiento. Para AM, se puede observar que desde la semana 10 el crecimiento es exponencial en ambos lugares; lo cual se puede relacionar con un crecimiento somático exponencial en las etapas juveniles de los peces (Martínez *et al.,* 2009). Asimismo, a partir de la semana 12 la curva de la Granja tiene un 17% en la altura mínima más alta que en el LSA posiblemente relacionado con el desarrollo de la base de la aleta caudal. Para LAC no se observa un punto de inflexión que señale una disminución en el crecimiento, lo cual puede indicar que esta característica se mantuvo en desarrollo durante el estudio y su punto de inflexión es después de semana 15 de vida, aunque a partir de la semana 11 en la Granja se observa un crecimiento más acelerado en comparación con el LSA. Además, indistintamente del lugar el cambio a través del tiempo de la aleta caudal no fue consistente con el del cuerpo, lo que indica que el tipo de crecimiento en el *B. splendens*, es de tipo alométrico.

En términos generales las diferencias podrían estar asociado a la densidad de siembra, las diferencias en temperaturas ambientales y los asociados a los sistemas de producción, por ejemplo, calidad de agua, productividad primaria o tipo de alimento.

CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos, se puede concluir que las curvas de crecimiento para el Largo Patrón, la Altura mínima y el Largo de la Aleta caudal en Granja y en LSA difieren en cuanto a la edad en los que se presenta el primer punto de inflexión; ya que las condiciones de Granja favorecieron el desarrollo de los organismos. Sin embargo, en ninguno de los lugares se alcanzaron las tallas máximas las cuales estarían

asociadas con un segundo punto de inflexión; por lo que es importante considerar para las curvas de crecimiento, la etapa hasta que dejen de crecer, por lo que se sugiere ampliar el tiempo de las mediciones para poder abarcar el desarrollo completo de la especie y así tener una mejor descripción y entendimiento de la curva de crecimiento de *B. splendens*.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece al Laboratorio de Sistemas Acuícolas de la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco y a la Granja Cuautlita I por el apoyo. Así mismo, este proyecto fue financiado por el proyecto "Acuicultura ornamental sustentable en zonas productivas y de comercialización" del Laboratorio de Sistemas Acuícolas.

REFERENCIAS

1. Arboleda Tabares, María Camila. "Evaluación de la reversión sexual del pez betta (*Betta Splendens*) en etapa de alevinaje": https://dspace8-unipacifico.metabuscador.org/server/api/core/bitstreams/114b9478-53da-492f-be3b-a6a576440d9f/content
2. Bonilla-Flórez, José Alexander, et al., "Cambios En El Índice de Condición Y Relación Longitud-Peso Durante El Ciclo de Crecimiento de La Dorada (*Sparus Aurata L.)* En Jaulas Marinas*." AquaTIC*. vol. 66, no. 47, 2017, pp. 20–31. Disponible en: www.redalyc.org/journal/494/49453839003/html/.
3. Franco Ortega, Julio Alejandro, *et al.,* "Comportamiento Del Mercado de Los Peces Ornamentales Continentales En Colombia." Ciencia Y Agricultura, vol. 18, no. 1,, 2021, pp. 63–75, www.redalyc.org/journal/5600/560067112005/html/.
4. Martínez Porchas, Marcel, *et al.,* "Dinámica Del Crecimiento de Peces Y Crustáceos." REDVET. vol. 10, 10 de octubre del 2009, pp. 1–17, Disponible en: www.redalyc.org/pdf/636/63617128022.pdf.
5. Rivero Martínez PV, Campos Montes GR, Lugo García T, López Ordaz R, García Gómez F, Martínez Espinoza D. "Discriminación de caracteres morfométricos de interés ornamental candidatos a criterios de selección en Barbo Sumatrano (Puntius tetrazona)." Sociedades Rurales, Producción y su Medio Ambiente. 2016.

EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DE LA SELECCIÓN DE MARCAS CORPORALES DE *Puntius tetrazona* EN CONDICIONES DE CAMPO

Sergio Octavio Chávez-Andrade[1,2], Psique Victoria Rivero-Martínez [2,3], Gabriel Ricardo Campos-Montes[2], David Alberto Martínez-Espinosa [2]

[1]Maestría en Ciencias Agropecuarias UAM-X, [2]Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

*octavioandrade.bio@gmail.com

Palabras clave: Producción acuícola ornamental, operatividad, *Puntius tetrazona*

INTRODUCCIÓN

La producción acuícola ornamental es una actividad que se desarrolla principalmente en zonas rurales del país, cuyo desarrollo tecnológico es limitado a raíz de su escasa capitalización, por lo cual es necesario fortalecer y consolidar el sistema, mediante trabajos de investigación y de desarrollo tecnológico que permitan mejorar la rentabilidad de la producción al igual que la calidad estética de los peces (Rivero-Martínez *et al*., 2020; Montero, 2022).

Dentro del mercado acuícola ornamental el barbo sumatrano (*Puntius tetrazona*) es un pez de constante demanda debido a su patrón de colores, resistencia y adaptabilidad a la vida en cautiverio. La principal característica de este pez son las cuatro marcas a través de su cuerpo, las cuales son de importancia para el acuarófilo al momento de su compra, lo que permite considerar al tamaño de dichas marcas como un criterio de selección para mejorar la calidad estética de esta especie (Rivero-Martínez *et al.,* 2020). En estudios previos se han estimado heredabilidades y correlaciones genéticas de las marcas corporales, siendo la marca pectoral la que tiene un valor de heredabilidad más alta al igual que correlaciones altas y positivas con las otras marcas (datos por publicar).

Para obtener las medidas morfométricas se han utilizado técnicas de medición digital que implican la toma de fotografías, su procesamiento y su medición en software especializado, como Photoshop ® (Rivero-Martínez *et al*., 2020). Para llevar a cabo esta metodología dentro de la producción acuícola ornamental rural, sería necesaria la adquisición y el uso de herramientas tecnológicas sofisticadas, así como la capacitación del personal para llevar a cabo su manejo correcto. Por lo tanto, es importante desarrollar metodologías de medición que impliquen el uso de herramientas de fácil manejo y de económica adquisición, como el uso de un vernier que permita una medición confiable de las características de interés, reduciendo el tiempo de manejo de los organismos, todo esto considerando las limitantes del sistema productivo. En contexto con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la operatividad (facilidad, precisión y economía) de la selección para el ancho de las marcas corporales medidas con Photoshop ® y con vernier en *Puntius tetrazona.*

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó una muestra de 73 individuos, calculada con la ecuación de muestreo propuesta por Kish (1972). Para la obtención de la información morfométrica se emplearon dos métodos para medir el ancho de la región media de cada marca, la medición directa (con un vernier) y la medición digital (con el software Photoshop ®). Para la forma directa, cada organismo fue medido directamente con el vernier, sin ser anestesiado. Para la medición digital se tomaron fotografías digitales de cada organismo anestesiado con 1.5ml/l de anestésico (12% esencia clavo (*Syzygium aromaticum*) y 88% de etanol al 71%), y colocado en posición latero lateral con las aletas extendidas sobre una base graduada en milímetros. Mediante el

software se midió el ancho de la región media cada marca. De esta manera se obtuvo el ancho de las marcas pectoral (MPM), supra anal (MSAM) y caudal (MCM) con los dos distintos tipos de medición (Figura 1), del mismo modo se tomó el tiempo de ejecución para cada uno de los métodos.

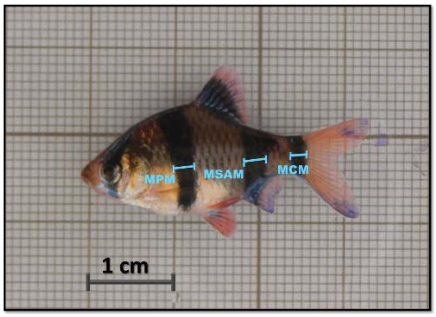


***Figura 1**. Ancho medio de la marca pectoral (MPM), supra anal (MSAM) y caudal (MCM)*

Para evaluar la operatividad de los métodos de medición directa y digital, se utilizaron tres pruebas considerando un α=0.05: 1) estimar el coeficiente de correlación de Pearson para explorar la relación lineal entre las mediciones obtenidas mediante diferentes métodos; 2) un análisis de concordancia de Bland-Altman para evaluar la concordancia, identificar algún sesgo sistemático y encontrar valores atípicos en los datos y; 3) se estimó el coeficiente de correlación de Spearman entre las mediciones directas y el área de su respectiva marca para ver la asociación fenotípica en el ordenamiento de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estadística descriptiva del ancho de la región media de cada marca obtenido con el método directo y el digital se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estadística descriptiva del ancho en la región media de las marcas de *Puntius tetrazona*

Método de medición	Media (D.E)	C.V (%)	Min	Max
Vernier				
MPM	1.70 (0.6)	36.30	0.80	3.30
MSAM	1.34 (0.6)	44.19	0.50	3.20
MCM	0.61 (0.3)	42.94	0.05	1.50
Photoshop®				
MPM	1.88 (0.6)	32.75	0.86	3.75
MSAM	1.61 (0.5)	33.12	0.76	3.04
MCM	0.85 (0.3)	40.04	0.04	1.68

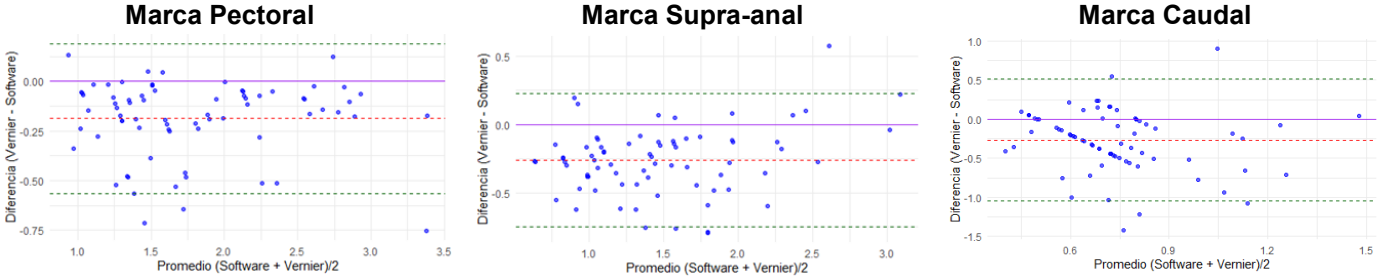
*****Las medidas del ancho de las marcas se encuentran en mm y área de las marcas en mm^2, **D. E**= desviación estándar, **C. V**= coeficiente de variación, **Min**= mínimo, **Max=** máximo.

Los valores de correlación (*r*) obtenidos del análisis entre métodos de medición de las marcas pectoral y supra-anal se encontraron valores entre 0.82 y 0.98 ($p<0.05$). Por lo tanto, existe una asociación lineal alta entre el ancho de las medidas obtenidas digital y directamente. Mientras que la marca caudal mostró una correlación no significativa en la región media, lo cual indica una baja precisión en la medición de esta marca a comparación de las otras.

Los gráficos de Bland-Altman para cada marca (Grafico 1), indican, en general, que existe una subestimación sistemática por parte de la medición directa. En la marca pectoral se mide, en promedio, 0.19 mm menos por parte del vernier. Por otro lado, en la marca caudal se observan ciertas tendencias que podrían indicar que conforme crece el valor medido también lo hace el sesgo, lo cual hace de esta marca la más imprecisa, posiblemente debido a su complejidad morfológica.

En la correlación de Spearman del ancho de las marcas corporales, medido con un vernier y con Photoshop®, se observó que tanto la marca pectoral como la supra-anal presentaron correlaciones (ρ) altas y significativas ($p < 0.001$), con valores de 0.91 y 0.89, respectivamente. En contraste la marca caudal tuvo una correlación negativa ($\rho = 0.16$) y no significativa.

Gráfico 1. Graficos de Bland-Altman para la medicion del ancho de las marcas corporales de *Puntius tetrazona* en la región media: Comparación entre software y vernier.



El tiempo promedio para realizar la medición directa del ancho de las marcas es de 35.56 segundos por individuo, mientras que el tiempo promedio requerido para realizar la medición digital es de 71 segundos. Por lo que, la medición directa reduce el tiempo en un 49.9%, sin considerar que el método digital requiere más procesos previos a la medición. Por lo que el método directo optimiza los tiempos en el manejo de organismos y en la toma de datos, así mismo ayuda a tener una identificación clara e instantánea de los organismos candidatos a selección, lo cual no se podría mediante el método digital. En contexto con el uso limitado de tecnología en el sector acuícola ornamental mencionado por diversos autores entre ellos Hoseinifar *et al*., (2023); se podría contribuir con cierta tecnificación en sus procesos de producción y con lo reportado en el presente estudio, para lograr una mayor calidad estética en los organismos producidos implementando una selección asistida por herramienta asequibles para este sector.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se encontró evidencia para demostrar que la medición directa y la medición digital tienen altos valores de asociación y ordenamiento. No obstante, estos resultados no implican que ambos métodos sean completamente intercambiables, ya que se observó una tendencia sistemática del uso del vernier a subestimar los valores obtenidos con la medición digital. A pesar de este sesgo, las altas correlaciones entre ambos métodos proporcionan suficiente confianza para utilizar la medición directa como herramienta válida para discriminar entre individuos con valores relativamente altos o bajos en condiciones de campo. Asimismo, este método reduce los costos y el tiempo de operación en unidades de producción acuícola ornamental rurales.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Los resultados son parte del proyecto de investigación de la Maestría en Ciencias Agropecuarias del primer autor, por lo que se agradece a la SECIHTI por la beca de esta. Este trabajo fue financiado por el proyecto

"Acuicultura ornamental sustentable en zonas productivas y de comercialización" del Laboratorio de Sistemas Acuícolas del Departamento del Hombre y su Ambiente, UAM-Xochimilco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hoseinifar, S.H.; Maradonna, F.; *et al*. (2023) Sustainable Ornamental Fish Aquaculture: The Implication of Microbial Feed Additives. Animals 2023, 13, 1583. https://doi.org/10.3390/ani13101583
2. Kish, L. (1972). Muestreo de encuestas. 1ª ed. en español. Trillas: México.
3. Montero R. M. (2022). Fisheries and Aquaculture Division: National Aquaculture Sector Overview México. Retrieved from https://www.fao.org/fishery/en/countrysector/mx/es?lang=es
4. Rivero-Martínez, P. V., Castillo-Juárez, *et al.* (2020). Analysis of the prefer-ences of the esthetic traits and their morphotypes candidates to selection criteria in Tiger barb (Puntius tetrazona) in the actors of the productive chain. Aquaculture International, 28(3), 1043-1055.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y TASA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE TILAPIAS ALIMENTADOS CON RACIONES RESTRINGIDAS-COMPENSADAS

Gaspar Román Poot López[1, *], Roger Domínguez May[2]
[1]Universidad Autónoma de Yucatán; [2]Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida.
*Autor para correspondencia: gaspar.poot@correo.uady.mx

Palabras clave: crecimiento compensatorio, conversión alimenticia, sub-adultos

INTRODUCCIÓN

Se ha observado que los animales que atraviesan un período de depresión del crecimiento debido a una reducción de alimento pueden alcanzar la misma talla o peso correspondiente a su edad, cuando las condiciones de alimentación mejoran (Ali et al., 2003). Lo anterior, se denomina crecimiento compensatorio y se debe a una respuesta hiperfágica ante la abundancia de alimento que tiende a restablecer la trayectoria de crecimiento original (Gallardo-Collí et al., 2020).

Los programas de alimentación restringida compensatoria tienen efectos sobre diferentes indicadores zootécnicos, siendo el crecimiento y la tasa de conversión alimenticia (TCA) los más evaluados (Py et al., 2022). Aunque, también se observan efectos en la variación de tallas y factor de condición (Gallardo-Collí et al., 2020). En juveniles de tilapia la reducción parcial de la ración, seguida de una etapa de alimentación a saciedad redujo la TCA, ofreciendo un crecimiento similar al control sin afectar la composición proximal de los peces (Poot-López et al., 2020). Sin embargo, los efectos de las raciones restringidas-compensadas no se han probado en tallas de tilapia cercanas a la cosecha.

OBJETIVO

Evaluar los efectos de estrategias de alimentación restringida-compensada sobre el crecimiento, peso ganado y conversión alimenticia de sub-adultos de tilapia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental: En la Unidad Acuícola de Docencia y Experimentación de la Universidad Autónoma de Yucatán, se llevó a cabo un experimento dividido en dos etapas consecutivas: Etapa I o restringida (ER) y Etapa II o compensada (EC) con duración de 42 días cada una. En la ER se utilizaron tilapias machos con un peso promedio de 135.1±0.7 g. Cada tratamiento se realizó por triplicado (35 peces/tanque), utilizando alimento comercial (32% de proteína). En la ER el tratamiento control (Control) se basó en las recomendaciones de la tabla de alimentación (Cuadro 1) y las raciones RC80% y RC90% correspondieron al 80% y 90% de la ración control, respectivamente. Las raciones se dividieron en tres porciones al día. Cada 14 días se monitoreo el peso y se realizaron ajustes a la ración con base en la tabla.

Cuadro 1. Tabla de alimentación para calcular las raciones del tratamiento control (100%) con base en el peso de las tilapias. Poot-López et al. (2020)

Peso del pez (g)	Porcentaje de peso corporal (%)
90.1 - 150	2.8
150 - 200	2.3
200 - 300	2.2
300 - 500	1.9

En la EC se utilizaron las tilapias de la etapa anterior y los tratamientos C80% y C90% cambiaron el régimen de alimentación por uno de compensación o de sobrealimentación (20%) adicional a las indicaciones del cuadro 1, en tanto, la ración control se mantuvo sin cambio. Las diferencias en el peso promedio, el peso ganado, y la TCA de los tratamientos se comparó al final de cada etapa con un Análisis de Varianza de una vía (95% de confianza).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La supervivencia se mantuvo arriba del 99% en todos los tratamientos y durante ambas etapas experimentales. En la Figura 1 se muestra el comportamiento del crecimiento al inicio y las biometrías que comprendieron cada una de las etapas.

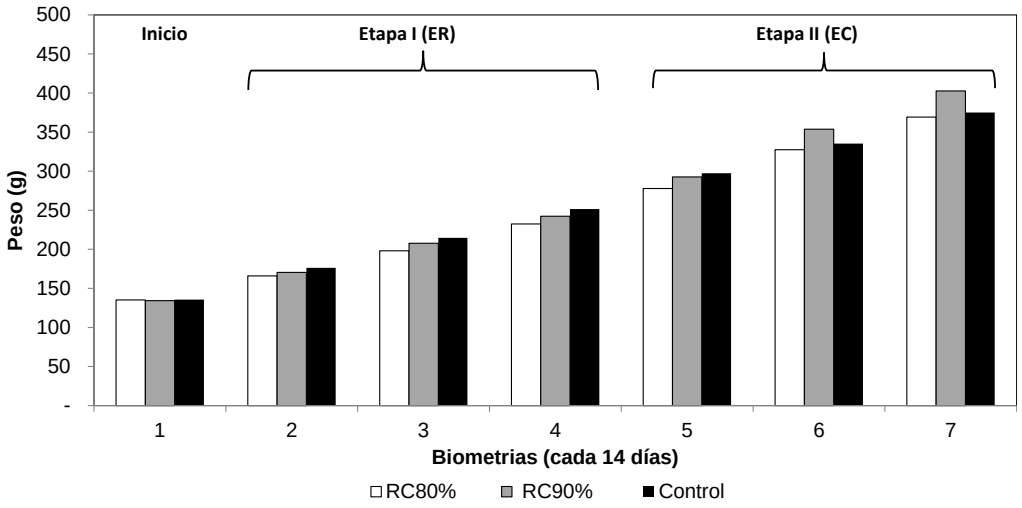


Figura 1. Comportamiento del crecimiento de tilapias alimentadas con estrategias de alimentación restringidas-compensadas (RC80% y RC90%) y el control, en ambas etapas experimentales.

En la Etapa I (ER) los peces del tratamiento RC80% mostraron un crecimiento inferior a la dieta control ($p<0.05$). No obstante, el peso final y el peso ganado de RC90% no presentó diferencias significativas con RC80% y con el control ($p>0.05$). Asimismo, la TCA no presentó diferencias significativas entre tratamientos.

En la Etapa II (EC) las tilapias de los tratamientos RC80% y RC90% presentaron un peso ganado significativamente mayor (p>0.05) respecto al control (Cuadro 2). Los peces de RC80% recuperaran el peso perdido en la Etapa I, alcanzando el peso promedio del control (p>0.05).

Cuadro 2. Indicadores zootécnicos de tilapias alimentadas con estrategias restringidas compensadas (RC80% y RC90%) y la dieta control, en ambas etapas experimentales

Etapa I o restringida	RC80%	RC90%	Control 100%
Peso inicial (g)	135.1±2.8^{a}	134.4±2.1^{a}	135.7±1.0^{a}
Peso final (g)*	232.4±7.4^{a}	242.3±6.3^{a,b}	251.6±6.4^{b}
PG (g)	97.3±5.8^{a}	108.0±4.3^{a,b}	115.9±5.6^{a,b}
TCA	1.34±0.1^{a}	1.38±0.1^{a}	1.40±0.1^{a}
Etapa II o compensada			
Peso Final (g)	369.3±17.6^{a}	402.8±12.1^{b}	375.0±6.6^{a}
PG (g)	136.9±14.1^{a}	160.4±8.1^{a}	123.5±5.5^{b}
TCA	2.32±0.2^{a}	2.08±0.1^{b}	2.44±0.1^{a}
Experimento global			
Peso ganado (g)	234.2±14.9^{a}	268.4±10.8^{b}	239.4±6.6^{a}
TCA	1.69±0.1^{a}	1.60±0.0^{a}	1.67±0.0^{a}

La reducción del 10% de la ración recomendada por la tabla de alimentación (Cuadro 1) durante 42 días, seguido de un periodo de sobrealimentación del 20%, durante el mismo tiempo (42 días), permitió que las tilapias de RC90% presentaran un peso ganado y final significativamente mayor (talla de cosecha) a los demás tratamientos. Aunque, la TCA del tratamiento RC90% fue relativamente más baja en el experimento global, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, en el periodo de compensación, la conversión alimenticia de RC90% fue más eficiente.

En organismos acuáticos se han probado una amplia variedad de protocolos de alimentación restringida, que implican diferencias en naturaleza (parcial o total), duración e intensidad (Py et al., 2022). No obstante, las estrategias de restricción alimenticia parcial que no ponen el riesgo el desarrollo de los organismos pueden generar mejores resultados, como en el presente estudio (RC90%). Cuando se restringe el alimento, los peces suelen hidratar sus tejidos para compensar la pérdida muscular hasta que reciben más alimento. Si la restricción alimenticia no es severa, la ganancia de peso, los niveles de lípidos y proteínas se recuperan y alcanzan niveles similares a los peces que no sufrieron restricción (Poot-López et al., 2020).

CONCLUSIONES

Las estrategias de alimentación restringida-compensada pueden ser aplicadas en diferentes periodos del crecimiento de las tilapias y con diferentes objetivos. Por ejemplo, alcanzar una talla de cosecha deseada,

administrar mejor el alimento comercial (ante escasez), o enfrentar los efectos del cambio climático (temporadas de calor o frio excesivo del agua).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali, M., Nicieza, A. & Wootton, J.R. (2003). Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and Fisheries, 4: 147-190.

Gallardo-Collí, A., Pérez-Fuentes, M., Pérez-Rostro, C. I., & Hernández-Vergara, M. P. (2020). Compensatory growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, L. subjected to cyclic periods of feed restriction and feeding in a biofloc system. Aquaculture Research, 51(5), 1813-1823. https://doi.org/10.1111/are.14530

Poot-López, G. R., Gasca-Leyva, E.†, González-Salas, C., Guillen-Hernández, S., & Domínguez-May, R. 2020. Compensatory growth in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: feed conversion ratio, size heterogeneity, and proximal composition. Latin American Journal of Aquatic Research, 48(3) 421-428 DOI: 10.3856/vol48-issue3-fulltext-2466.

Py, C., Elizondo-González, R., Peña-Rodríguez, A. (2022). Compensatory growth: Fitness cost in farmed fish and crustaceans. Rev Aquac. 14: 1389–1417. https://doi.org/10.1111/raq.12656

HARINA DE PLÁTANO DOMINICO Y TAPIOCA COMO FUENTE DE CARBONO PARA EL CULTIVO DE BARBO TIGRE *Puntius tetrazona*, EN BIOFLOC

Sofía Heredia-Fernández[1], María del Carmen Monroy-Dosta[2], José Antonio Mata-Sotres[2], José Alberto Ramírez-Torrez[2], German Castro Mejía[2], y Jorge Casto Mejía[2]

[1]Universidad Simón Bolívar

[2]Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco

*Autor para correspondencia: jramirez@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: Barbo tigre, cáscara de plátano, tapioca.

INTRODUCCIÓN

El sistema de cultivo biofloc (BFT) es una biotecnología novedosa para el cultivo sostenible de animales acuáticos, aprovechando microorganismos interdependientes dentro de un bioflóculo. La adición de carbono orgánico promueve la proliferación de flóculos, mejorando la calidad del agua a través de comunidades microbianas que reconvierten los subproductos metabólicos de los peces. Esta interacción permite el cultivo de alta densidad y la creación de una comunidad microbiana que sirve como alimento vivo en conjunto con las dietas formuladas. La fuente de carbono afecta notablemente la composición de la comunidad microbiana y los perfiles nutricionales, impactando el crecimiento de las especies cultivadas. Si bien se utilizan diversas fuentes de carbono comerciales, existen fuentes provenientes de los residuos de futas y vegetales que no se aprovechan y que son una fuente importante de carbohidratos como es el caso de la cascara del plátano dominico, la cual posee un alto contenido de fibra dietética, económicamente viable con un enfoque en las necesidades acuícolas regionales específicas. La cáscara de plátano dominico, *Musa simmonds*, cuenta con alto contenido de fibra dietética, carbohidratos, proteínas y nutrientes esenciales, sirviendo como un subproducto agrícola. La tapioca, compuesta principalmente de almidón de yuca, también se incorpora a la BFT. No obstante, la utilización de la cáscara de plátano no está completamente optimizada en muchas áreas. Por lo que es objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la harina de cáscara de plátano dominico, la harina de tapioca, y la melaza en la supervivencia y crecimiento de *Puntius tetrazona*, así como la dinámica de la comunidad microbiana en biofloc.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño experimental fue en bloques con aleatorización interna. Se diseñó un sistema biofloc *in situ* de tipo “macrocosmo”, con melaza (BM, tratamiento control), harina de cascara de plátano dominico (BP) y tapioca (BT), como fuentes de carbono, con tres réplicas cada uno. Se suministró una relación C/N=20:1 mediante la incorporación de las distintas fuentes (Avnimelech, 2012).

Obtención del carbono: para BM, se obtuvo a partir de 1 kg de piloncillo de azúcar disuelto en 150 mL de agua hasta obtener una consistencia similar a la miel. Para BP se obtuvo a partir de cáscaras de plátano secadas en horno a 40 °C (Thermolyne OvenSeries 9000) durante 24 h, después se molieron hasta obtener una harina fina. La harina de tapioca BT, se adquirió comercialmente (Bob’s Red Mill®).

Cultivo de los peces: se utilizaron 90 individuos de *Puntius tetrazona* con un peso inicial de 1.6 ± 0.4 g y longitud patrón (LP) de 3.5±0.01 cm. Se distribuyeron de manera aleatoria en las unidades experimentales,

sin que existiera diferencia significativa en la biomasa ($P < 0.05$) entre los grupos experimentales. Los peces fueron alimentados con dos raciones diarias, con hojuelas para peces tropicales (Lomas®; proteína 44 %), a una tasa de 10% de su biomasa, durante 60 días.

Monitoreo de la calidad del agua: la evaluación de los parámetros fisicoquímicos (pH, NO2-, NO3- y NH4+) de calidad de agua se realizó cada 15 días, con el Freshwater Master Test Kit® (API®). Los sólidos sedimentables (SS) se midieron a partir de la tercera semana del experimento, y en lo sucesivo cada tercer día, con un cono Imhoff (Emerenciano *et al*., 2011).

Determinación de crecimiento y la supervivencia: cada 15 días se obtuvo el peso y la longitud total de los organismos y se calculó la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y la tasa de crecimiento específica (TCE), de acuerdo con Espinoza *et al*., 2020. Se calculó el factor de conversión alimenticia (FCA): FCA= Cantidad de alimento/ PFPI. La supervivencia se obtuvo de la siguiente manera: %supervivencia= (N° final de peces vivos / N° inicial de peces vivos) × 100.

Estructura de la comunidad microbiana: se determinó la diversidad de fito y zooplancton presente en el biofloc, se analizó 1 mL del biofloc, fijado en lugol, mediante conteo directo en microscopio compuesto, acoplado a una cámara (Axio Cam®,Zeiss®). La identificación taxonómica se realizó con guías de identificación para protozoos y microalgas. En el caso de las microalgas, al final del experimento se transfirió 1 mL de muestra a una cámara Sed gewick-Rafter.

Análisis estadístico: se evaluó la normalidad y homocedasticidad de los datos, una vez satisfecho dicho criterio, se efectuó un ANOVA de una vía ($\alpha = 0.05$) de la biomasa y la longitud patrón de los peces entre los tres tratamientos (Zar, 2010). La diversidad alfa de microorganismos se determinó con el índice de Simpson y el índice de equitatividad de Simpson. En todos los análisis se utilizó el paquete estadístico PAST ver 4.16c.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del sistema biofloc en la acuicultura a ganada mayor aceptación por sus múltiples beneficios, donde la fuente de carbono es fundamental para la conformación de los flóculos, y la melaza ha sido la fuente más usada, por lo que se requiere considerar fuentes de bajo costo y fácil adquisición, sobre todo aquellos subproductos de alguna industria agrícola.

Calidad el agua

Al inicio del experimento los parámetros fisicoquímicos presentaron fluctuaciones, y a las tres semanas se estabilizaron, y en el caso del amonio disminuyó, y los SS se acumularon en mayor medida en el grupo de cáscara de plátano. Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron en los niveles tolerables para el barbo tigre. El pH tuvo un intervalo de 8.0 a 8.4, en concordancia con Gálvez-Cantero et al., (2022). En este experimento las especies nitrogenadas tuvieron variaciones a lo largo del estudio, especialmente en el primer mes de cultivo, con una disminución y/o estabilización al final. La regulación de amonio se debe principalmente a la comunidad microbiana presente en el biofloc. Los tratamientos con cáscara de plátano y tapioca llegaron tuvieron valores de nitrito cercanos a cero y la melaza fue inferior a 0.5. El nitrato incrementó al final del experimento, probablemente por la baja abundancia de productores primarios, ya que ellos usan esta forma de nitrógeno como fuente de energía.

Crecimiento y supervivencia

Con relación al crecimiento no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1), pero, el grupo con cáscara de plátano obtuvieron los valores más altos, esto pudiera deberse a que esta harina contiene mayor cantidad de almidón que otras. Algunos autores obtuvieron resultados similares al comparar melaza y harina de tapioca, donde la melaza dio mejores resultados en la formación de flóculos y el crecimiento. Las TCA y TCE, estos fueron mayores en los tratamientos con cáscara de plátano y tapioca, juntos con los valores más bajos de FCA. El FCA también es un indicador que determina la relación costo-beneficio del alimento en la actividad acuícola, ya que valores bajos de FCA corresponde a un mayor aprovechamiento del alimento en proporción a la generación de biomasa. La supervivencia de los peces en BP fue del 100 %, respecto de BM y MT, con 68.8 % y 87.5%, respectivamente. Esto puede deberse al contenido nutricional de la harina de cáscara de plátano ya que contiene potasio, vitamina B6 y calcio además es rica en antioxidantes, manganeso, fibra, biotina, y cobre.

Comunidad microbiana

Se identificaron siete Phyla planctónicos asociados a los flóculos en todos los tratamientos, fueron más abundantes y diferentes a los reportados con melaza; estos autores mencionan que la abundancia de los microorganismos va a estar relacionados con la densidad de siembra, la fuente de carbono, el alimento y la especie cultivada. Se han comparado fuentes de carbono e identificaron entre siete y 10 especies, según la fuente adicionada. Los ciliados se encargan de controlar las poblaciones de bacterias, incluyendo patógenas, y son alimento de niveles tróficos superiores. En los tratamientos solo se presentó una especie de anélido *Aeolosoma hermprichi*, la presencia de este grupo es de gran importancia debido a su alto contenido de proteína cruda y ácidos grasos esenciales (Figura 2).

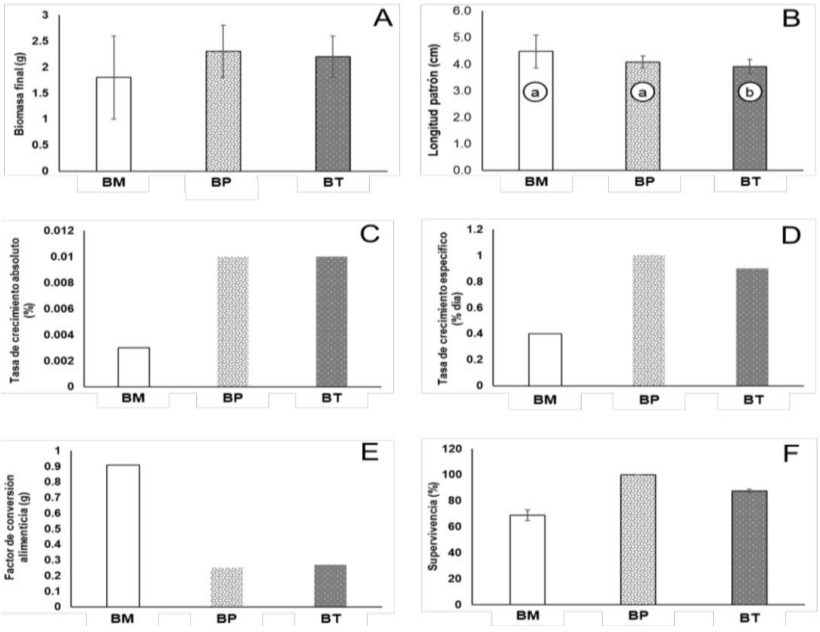


Figura 1. Parámetros de producción de *P. tetrazona* cultivado en biofloc con melaza, cascará de plátano y tapioca, como fuentes de carbono. BM: biofloc con melaza; BP: biofloc con cáscara de plátano, BT: biofloc con tapioca. La barra representa el promedio de tres réplicas ± la desviación estándar; cuando se indique, letras distintas dentro de la barra implican diferencias significativas.

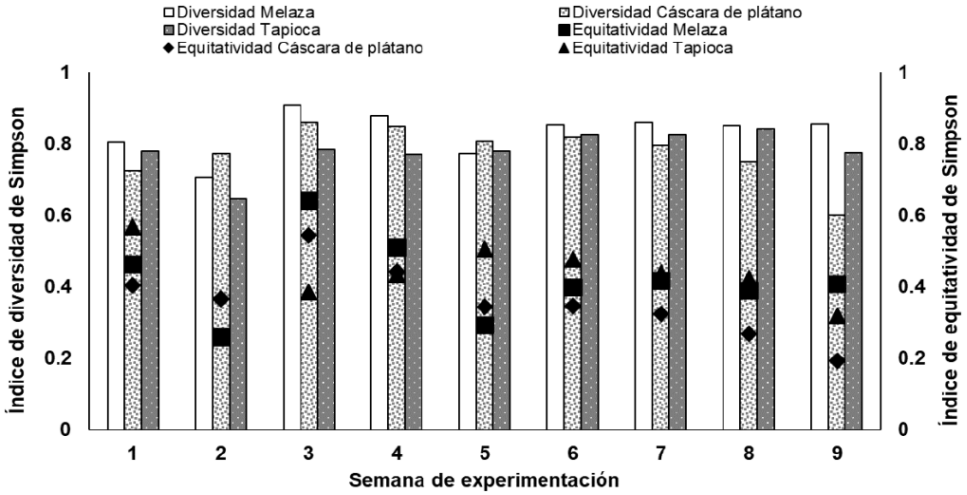


Figura 2. Diversidad y equitatividad de Simpson en los grupos experimentales con tres fuentes de carbono.

CONCLUSIONES

La incorporación de harina de cáscara de plátano y de harina de tapioca produjeron resultados favorables en las variables evaluadas, particularmente en lo concerniente a compuestos nitrogenados y supervivencia.

BIBLIOGRAFÍA

Avnimelech, Y., 2012. Biofloc Technology: A Practical Guidebook. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.

Zar, J.H., 2010. Biostatistical Analysis, quinta edición. Prentice Hall, New Jersey. 947.

Gálvez- Cantero, L., Julián-Ricardo, M., Ramos-Sánchez, L., 2022. El biofloc en la acuicultura. Cen. Az., 49 (2).

HARINA DE LARVAS DE *Tenebrio molitor* COMO FUENTE DE CARBONO EN BIOFLOC PARA EL CULTIVO DE *Cambarellus montezumae*

Reyna Perla Paredes-Chávez[1], José Antonio Mata-Sotres[2], Rocío Parra-Laca[1], José Alberto Ramírez-Torrez[1], Daniel Becerril-Cortés[1], María del Carmen Monroy Dosta[1], German Castro Mejía[2], y Jorge Casto Mejía[2]

[1]Universidad Simón Bolívar

[2]Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco

*Autor para correspondencia: jramirez@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: biofloc, fuente de carbono, *Tenebrio molitor*, *Cambarellus montezumae*.

INTRODUCCIÓN

El sistema de cultivo biofloc (BFT) en la acuicultura ha disminuido el consumo de agua y sin generar efluentes contaminantes. Los residuos de nutrientes generados por los alimentos no consumidos, las heces y los subproductos metabólicos excretados por los peces, se convierten en biomasa microbiana que puede ser utilizada de nuevo por los organismos cultivados. Donde, la adición de una fuente externa de carbono es un condicionante que para que se desarrolle la comunidad microbiana y esta pueda transformar los residuos en biomasa, nutrientes y metabolitos antimicrobianos, impactando positivamente en los parámetros productivos y ambientales de las especies cultivadas. Aunque se han usado fuentes de carbono como melaza, azúcar, acetato, almidón, entre otros, es necesario considerar otras alternativas. Una opción es la harina de insectos, con gran potencial para la acuicultura, ya que en muchas regiones del mundo es un recurso de fácil acceso. *T. molitor* es un importante candidato, ya que tiene una alta tasa reproductiva y en general es de fácil cultivo, ya que su harina ha mejorado el crecimiento y la inmunidad de peces y crustáceos, además, tiene un alto contenido en quitina, el cual puede ser beneficios para el cultivo de crustáceos. La harina de insectos, se han utilizado como sustituto de la harina de pescado en las dietas de los organismos cultivados, pero no como fuente de carbono en los sistemas de biofloc. Por su parte, el acocil *C*. *montezumae* es una especie con gran potencial para su cultivo en sistemas BFT, debido a que desarrolla en condiciones similares a las del biofloc. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de harina de larvas de *T. molitor* como fuente de carbono en BFT para el cultivo de *C. montezumae*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de harina de *T. molitor*: Quinientas larvas de *T. molitor* se mantuvieron durante 24 semanas a una temperatura media de 25°C, humedad relativa media 55% en salvado de trigo, y zanahoria como hidratación semanalmente. Se deshidrataron, se trituraron y tamizaron novecientas larvas de 7 semanas de edad. **Mantenimiento de *C. montezumae*:** Doscientos acociles fueron aclimatados durante dos semanas en dos tanques de polietileno de 100 L en agua clara y alimentados con palitos de camarón Tropical® (45 % de proteína cruda y 7% de lípidos) hasta el inicio del experimento. **Condiciones de cultivo:** Se realizó un ensayo de 12 semanas con 3 tratamientos, por triplicado: Control (agua clara), biofloc con melaza (BFT-M) y biofloc con adición de harina de larvas de *T. molitor* (BFT-T) como fuente de carbono, con una densidad de 80 org m^2. Durante el experimento se añadió diariamente la fuente de carbono en una relación C/N 20:1 para inducir a la formación de flóculos, con base en cálculos de exigencia según Avnimelech (2012), ajustados cada 15 días en función de la biomasa. Los organismos cultivados se distribuyeron aleatoriamente en 12 estanques de plástico al 75% de su capacidad (80 L), a una densidad

de 20 cangrejos de río por tanque [18], y los cangrejos de río fueron ayunados 12 h antes de la medida inicial; con un peso medio inicial de 0,8 ± 0,06 g y 3,1 ± 0,12 cm de longitud. Los cangrejos de río fueron alimentados cada tercer día a razón de un 10% de biomasa con una dieta comercial con un contenido de 45% de proteínas, 7% de lípidos, 4% de fibra y 8% de humedad, con un tamaño de partícula de 1,5-2,0 mm. (Tropical® shrimp sticks, Chorzów, Polonia). Toluca, Estado de México, México). Se ajustó cada 16 días, de acuerdo con la biomasa. **Monitoreo de la calidad del agua:** Los valores de pH, temperatura y oxígeno disuelto (OD) se midieron semanalmente con el medidor multiparamétrico Hanna modelo HI 9829. Los niveles de nitrógeno amoniacal total (TAN), nitrito y nitrato se midieron cada 10 días el autoanalizador Hanna Aquaculture Photometer (modelo HI83203). Los sólidos sedimentables (SS) se midieron una vez a la semana vertiendo 1 L de agua del tanque durante 30 min en un cono Imhoff. **Muestreo:** Al final del experimento se contaron y pesaron los acociles. La ganancia de peso (GP), la tasa de conversión alimenticia (TCA) y la tasa de supervivencia (TS) se calcularon de la siguiente manera:

GT (g) = peso final - peso inicial. FCR = ingesta de alimento / ganancia de peso. SR (%) = número total de peces cosechados / número total de peces sembrados ×100. **Composición del biofloc:** Para la cuantificación e identificación de plancton se tomaron 100 mL de biofloc, se dejó reposar durante 30 min, se obtuvo una alícuota de 1 mL del sedimentado, y se observó directamente al microscopio a 20X y 40X (Olympus CX31, Tokio, Japón). La identificación taxonómica de los grupos planctónicos se realizó según. **Identificación de bacterias quitinolíticas:** Se selección e identificación de las bacterias quitinolíticas se realizó mediante diluciones decimales a partir de las unidades experimentales, mediane conteo en placa en medio de cultivo con quitina y se incubaron a 32 °C durante 72 horas, posteriormente se usaron resiembras sucesivas para obtener colonias puras, y morfología celular se determinó mediante la tinción de Gram. La identificación se realizó mediante pruebas metabólicas con el sistema API (bioMerieux, Lyon, Francia) y el servicio APIWEB®. ***Composición proximal del biofloc y de la harina de T. molitor*:** Los flóculos de cada tratamiento se recogieron utilizando un tamiz de malla de 10 µm. Los flóculos recogidos se deshidrataron en un horno de vapor (Thermolyne Series 9000 Oven, EE.UU.) a 60 °C durante 24 h, se trituraron con una batidora y se almacenaron a temperatura ambiente. La determinación de la composición proximal (% de humedad, % de proteínas, % de lípidos, % de carbohidratos, fibra y cenizas) se realizó de acuerdo con las normas de la AOAC. **Análisis estadístico:** Los supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad se determinaron mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y Barlett, respectivamente. Se realizó un ANOVA (α = 0,05) y una prueba de *Tukey* (α = 0,05) con el programa IBM SPSS® Statistics 25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros de calidad del agua

Los parámetros fisicoquímicos fluctuaron en función de los tratamientos (Cuadro 1), no obstante, se mantuvieron dentro de los intervalos necesarios para la especie, considerando la ausencia de recambios de agua en los tratamientos BFT-M y BFT-T. Varios estudios indican que el biofloc tiene un efecto significativo en la mejora de la calidad del agua con varios factores que influyen en el mantenimiento de su buen estado, siendo el factor más importante es la fuente de carbono.

Cuadro 1. Promedio de los parámetros durante el experimento (media ± SE). DO: oxígeno disuelto, TAN: compuestos amoniacales totales, SS: sólidos sedimentables.

Tratamiento	DO (mg L-1)	Temperatura (°C)	pH	TAN (mg L-1)	Nitritos (mg L-1)	SS (mL L-1)
Control	4.6 ± 0.1	20 ± 1.2	7.6 ± 0.4	1.9 ± 1.4	1.2 ± 0.6	-
BFT-M	5.1 ± 0.1	20 ± 1.0	8.2 ± 0.8	1.2 ± 0.8	1.1 ± 0.5	20
BFT-T	5.0 ± 0.2	20 ± 1.2	8.1 ± 0.8	3.1 ± 2.7	0.9 ± 0.8	15
Valores óptimos	3.8 - 6.0	17 - 22	8.0 – 9.0	0.04 - 3.8	0.01 - 1.26	>5 a <30

Crecimiento de *C. montezumae*

No existieron diferencias significativas (P >0,05) en el incremento del GT y en el FCR en las tres condiciones experimentales. La tasa de supervivencia fue significativamente elevada en el grupo control comparado con BFT-M y BFT-T (Tabla 2). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos Biofloc y Control, respecto del crecimiento y FCR. Esto podría deberse a que los flóculos estaban disponibles como alimento las 24 horas del día en el sistema, en comparación con el grupo control que sólo disponía del alimento formulado. Es importante mencionar que el FCR en *C. montezumae* es muy variable debido a sus hábitos alimenticios, ya que utiliza sus quelas para sujetar el alimento, con las cuales puede cortarlo en trozos consecuentemente no ingerir toda la ración. Sin embargo, en un sistema BFT este alimento puede incorporarse de nuevo a la red trófica mediante la formación de bioflocs.

Cuadro 2. WG, FCR and supervivencia of *C. montezumae* al final del experimento (media ± SE).

Tratamiento	WG (g)	FCR	Superviviencia (%)
Control	0.43 ± 0.24	1.60 ± 0.36	87
BFT-M	0.48 ± 0.06	1.43 ± 0.66	81
BFT-T	0.45 ± 0.18	1.52 ± 0.56	60

Diversidad del zooplancton en el biofloc

En los tratamientos se identificaron nueve phyla, 18 géneros en el tratamiento BFT-M y 14 en BFT-T.

Bacterias quitinolíticas

Hubo una mayor diversidad y abundancia de estas bacterias especies en BFT-T, respecto de BFT-M y el control. *Pseudomonas luteola* fue la especie con mayor abundancia seguida de *Rhizobium radiobacter* (Fig. 4) Las bacterias quitinolíticas aisladas en este trabajo demuestran que la quitina podría ser hidrolizada eficazmente dentro del sistema BFT-T, ya que todas ellas han sido reportadas con actividad quitinolítica para el uso de este componente como fuente de carbono y nitrógeno.

Composición proximal del biofloc y de la harina de *T. molitor*

La harina de *T. molitor* así como BFT-M y BFT-T (Cuadro 3). Los contenidos en lípidos, fibra y cenizas presentaron porcentajes más elevados en el BFT-T, mientras que los carbohidratos fueron mayores en el

BFT-M. En todos los casos, se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$). Sin embargo, las proteínas no mostraron diferencias significativas en ningún tratamiento ($p > 0,05$). Los resultados obtenidos de los análisis proximales de lípidos y fibra en la harina de *T. molitor* fueron superiores a los anteriores y en contraste con los niveles de proteína inferiores a lo que se ha reportado. Lo que puede deberse al valor nutricional de las larvas de *T. molitor*, que no es químicamente constante ya que sus propiedades nutricionales dependen de su alimentación, condición de cultivo, fase de crecimiento y del propio procesado de la harina. Por otro lado, la composición proximal del biofloc está directamente relacionada con el aporte nutricional de las comunidades microbianas y planctónicas, la fuente de carbono utilizada y las especies cultivadas, por lo que sus propiedades nutricionales suelen ser muy dinámicas.

Cuadro 3. Composición proximal de masa seca (%) del biofloc y *T. molitor* (media ± SE). Diferentes letras indican diferencias significativas (p<0.05).

	T. molitor meal	BFT-M	BFT-T	*p*
Proteína	39.42 ± 0.51	34.30 ± 1.71[a]	33.80 ± 0.40[a]	0.65
Lipidos	43.15 ± 0.24	7.92 ± 0.06 [a]	10.08 ± 0.04[b]	0.001
Carbohidratos	12.52 ± 0.13	6.24 ± 0.15 [a]	5.92 ± 0.04[b]	0.025
Fibra	8.41± 0.08	13.11 ± 0.15 [a]	17.09 ± 0.35[b]	0.001
Cenizas	7.07 ± 0.11	19.43 ± 0.17 [a]	23.11 ± 0.27[b]	0.002
Humedad	3.38 ± 0.10	7.62 ± 0.06 [a]	6.25 ± 0.30[b]	0.001

CONCLUSIONES

La adición de harina de *T. molitor* como fuente de carbono en el cultivo de biofloc de *C. montezumae* es una alternativa viable ya que produce un biofloc rico en bacterias quitinolíticas que mejora la calidad nutricional del biofloc. El periodo de maduración del sistema es un factor determinante en el desarrollo del biofloc, ya que puede ser previamente desarrollado con harina de insectos para tener una inducción exitosa y reducir las fluctuaciones en los compuestos nitrogenados y así asegurar un mayor beneficio.

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

Avnimelech, Y., 2012. Biofloc Technology: A Practical Guidebook. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.

CARACTERIZACIÓN ACUÍCOLA DEL ESTADO DE CHIAPAS

Norma Angélica López-Téllez[1]*, Alma Salas-Sandoval[1] y Juan Alfredo Corbalá-Bermejo[2]

[1]Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentables (IMIPAS). Av. México núm. 190 Col. Del Carmen, Coyoacán CP 04100 CDMX

[2] Universidad Autónoma de Campeche. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Calle 53 S/N entre 20 y 18, Colonia Unidad, Esfuerzo y Trabajo No.2. C.P: 24350, Escárcega, Campeche, México

*Autor para correspondencia: norma.lopez@imipas.gob.mx

Palabras Claves: Acuacultura, tilapia, caracterización, Chiapas

INTRODUCCIÓN

La acuacultura es el sector de producción de alimentos con mayor crecimiento a nivel mundial. En 2020 la producción acuícola y pesquera mundial fue de 214 millones de toneladas de las cuales el 57% fue de origen acuícola con un valor comercial de 281.500 millones de dólares (FAO, 2022). Durante 2021, en México, se produjeron 77,245 ton de Tilapia (*Oreochromis* sp.), de las cuales el 58% fue producida por acuacultura, destacando Chiapas como el principal estado productor aportando el 29% de la producción nacional (Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, 2023). El número de productores acuícolas continúa en aumento, impulsado por el potencial de desarrollo de esta actividad. No obstante, la producción estatal se concentra en pequeñas unidades productivas con bajo nivel de tecnificación y escasa capacitación técnica, lo que limita la productividad. En Chiapas, la producción de tilapia mostró una tendencia descendiente a partir del 2020, cuando se reportaron 38,733 toneladas y para el 2023 la producción bajó a 13,159 toneladas, con 209 granjas acuícolas (Anuario Estadístico, 2020 y 2023). El Sistema de Ordenamiento Acuícola y Pesquero (SOAP) reportó en 2020 un registro de 186 UPAs en el estado, con aproximadamente 90% dedicadas al cultivo de tilapia. Esta disparidad en las cifras refleja la falta de datos confiables y dificulta un análisis preciso del sector en Chiapas. Además, muchos programas que apoyaron la creación de UPAs fueron diseñados con fines sociales, orientados al autoconsumo y la mejora nutricional familiar, y no con una visión comercial. El presente tuvo como objetivo caracterizar la acuicultura en Chiapas, enfocándose en zonas con alto grado de marginación y presencia indígena, para identificar las necesidades de investigación, transferencia tecnológica y capacitación que fortalezcan las capacidades productivas de acuicultores en condiciones vulnerables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el Sistema de Información Geográfica de Acuacultura (SIGA) para superponer capas de información del estado de Chiapas relativas al grado de marginación, presencia de municipios indígenas e índices de rezago social, en combinación con el listado de granjas registradas ante el Comité de Sanidad Acuícola e Inocuidad de Chiapas. A los productores acuícolas de la entidad se les aplicó una encuesta estructurada con enfoque técnico, social y económico. La información recopilada fue analizada en siete apartados: ubicación geográfica, generalidades de las UPAs, datos socioeconómicos, abasto, producción, comercialización y servicios de apoyo. En los componentes de abasto, producción, comercialización y servicios de apoyo, se identificaron las funciones principales, factores críticos y limitantes. Se sistematizó la información para evaluar cuántos y cuáles productores se ven afectados, así como para establecer posibles alternativas de solución. Se analizó si dichas limitaciones pueden ser mitigadas: 1) mediante

procesos de capacitación o transferencia tecnológica; o bien, 2) exclusivamente con recursos internos de la comunidad.

RESULTADOS

Del total de encuestas aplicadas en el estado de Chiapas, el 100% correspondió a Unidades de Producción Acuícola (UPAs) dedicadas al cultivo de tilapia (*Oreochromis* sp.). En cuanto a la superficie productiva, el 20% de las UPAs tienen menos de una hectárea; el 32% poseen entre 1 y 5 hectáreas; el 28% operan en un rango de entre 11 y 30 hectáreas; y el 20% restante cuenta con superficies mayores a 31 hectáreas.

Respecto a la fuente de abastecimiento de agua, el 70% de las unidades utilizan cuerpos de agua superficiales, el 28% se abastece de pozos y el 2% emplea agua de riego. En relación con los sistemas de cultivo, el 65% de los productores operan con jaulas flotantes, el 23% con tinas de geomembrana y el 12% utilizan estanques de concreto. El origen de la semilla utilizada para siembra revela que el 55% de los productores la adquiere de proveedores externos, mientras que el 44% mantiene sus propios reproductores. En términos de asistencia técnica, el 88% de las UPAs reportó recibir visitas de técnicos del Comité de Sanidad Acuícola. En cuanto al tiempo de permanencia en la actividad, el 20% de los acuicultores tiene más de 10 años en el sector; el 38% entre 5 y 10 años; el 32% entre 1 y 5 años; y el 10% ha iniciado recientemente (menos de un año). Caracterización socioeconómica, el 92% de las granjas están bajo la responsabilidad de hombres, mientras que el 8% están a cargo de mujeres. En relación con el nivel educativo, el 2% no cuenta con estudios formales; el 12% tiene primaria concluida y el 17% no la concluyó; el 13% finalizó la secundaria y el 10% no la terminó; el 13% concluyó la preparatoria y el 23% cuenta con estudios de nivel licenciatura. Solo el 5% de los encuestados se identificó como perteneciente a población indígena Zoque. Respecto a la dependencia económica de la acuacultura, el 40% indicó que esta actividad representa el 100% de sus ingresos; el 30% señaló que representa menos del 50%; el 28% manifestó que constituye aproximadamente la mitad de sus ingresos, y el 2% apenas está iniciando en la actividad. Sobre fuentes de ingreso adicionales, el 25% declaró dedicarse también a la ganadería, el 20% a la agricultura, el 12% al comercio y el 10% a la pesca; mientras que el 3% no reportó otra actividad económica complementaria. En lo que respecta al acceso a servicios de salud, el 83% de los productores indicó no contar con ningún tipo de cobertura médica. En cuanto a la distancia entre la vivienda y la granja, el 42% de los responsables vive en la propia unidad, el 48% tarda menos de 30 minutos en llegar, y el 10% requiere más de una hora, lo cual implica mayores costos y tiempos de traslado. Finalmente, en relación con los apoyos recibidos, el 65% no ha recibido ningún tipo de asistencia en especie. Del restante, el 22% ha recibido apoyo en infraestructura, el 8% en semilla, el 3% en equipamiento, y el 2% en alimento.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran deficiencias significativas en la implementación de buenas prácticas acuícolas (BPA) y en el manejo técnico de los sistemas productivos. El 78% de los acuicultores de tilapia en el estado de Chiapas reportó no llevar a cabo controles ni registros sistemáticos de la calidad del agua, lo cual afecta directamente la eficiencia de sus cultivos y limita el potencial productivo de sus unidades. Asimismo, se identificó que el 65% de los productores no conoce el Factor de Conversión Alimenticia (FCA), y el 50% no lleva bitácoras de alimentación, lo que refleja una falta de control en uno de los insumos más importantes del proceso productivo y una baja eficiencia en el uso del alimento. En cuanto a la infraestructura sanitaria, se observó una baja implementación de medidas mínimas de bioseguridad: el 77% no cuenta con cerco sanitario, el 85% carece de tapete sanitario, el 72% no dispone de una estación de lavado y el 67% no tiene señalización informativa adecuada. Solo el 22% de los encuestados manifestó contar con una bodega específica para el almacenamiento de alimento. Estas cifras evidencian un conocimiento limitado sobre las BPA y su aplicación en las distintas etapas del proceso productivo. En lo referente a la comercialización, el 55% de los pequeños productores indicó que venden su producto a pie de granja o en el mercado más

cercano, lo que refleja una baja integración a redes formales de distribución y escaso acceso a mercados que ofrezcan mejores condiciones de venta o valor agregado. Estos hallazgos confirman la necesidad de intervenciones orientadas a la capacitación técnica y el fortalecimiento de capacidades en bioseguridad, manejo productivo y comercialización, con el objetivo de mejorar la rentabilidad y sostenibilidad de las UPAs de tilapia en la región.

CONCLUSIÓN

La especie más representativa cultivada en la región es la tilapia.

2. Hay cinco laboratorios a escala comercial y el 45% de los productores producen sus propios alevines.

3. Nueve UPA venden a escala Estatal y cinco a escala Nacional.

4. Promover un Programa de extensionismos y cursos de Capacitación

5. Promover un programa de concientización en el no uso de antibióticos y raciones alimenticias

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Anuario Estadístico de Pesca y Acuacultura (2020 y 2021).

https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca

FAO (2020). El estado mundial de la pesca y acuacultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Hernández Mojica, M, Reta Mendiola J. l., Gallardo López F, Nava Tablada M. 2002. Tipología de productores de mojarra tilapia (*Oreochromis* spp): base para la formación de grupos de crecimiento productivo simultáneo

(GCPS) en el estado de Veracruz, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2002; 1:13-9

Pérez E., Muir J.F., Ross L.G. (2000) Aquaculture impacts on the Socio-economics of coastal communities of Tabasco, México. IFET Conference 2000 Oregon State University. 6 p.

Townsley P (1996). Rapid rural appraisal, participatory rural appraisal and aquaculture. Rome: FAO Fisheries Technical Paper No. 358. 109 p

DIAGNÓSTICO ACUÍCOLA EN MUNICIPIOS PRIORITARIOS DEL ESTADO DE MÉXICO

Norma Angélica López-Téllez y Alma Salas-Sandoval*

Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentables (IMIPAS). Av. México núm. 190 Col. Del Carmen, Coyoacán CP 04100 CDMX

*Autor para correspondencia: alma.salas@imipas.gob.mx

Palabras Claves: trucha, tilapia; cultivo

INTRODUCCIÓN

La acuicultura en México se ha consolidado como una de las actividades con mayor potencial de crecimiento y desarrollo en el sector agroalimentario, al generar beneficios tanto económicos como sociales. Esta actividad representa una fuente importante de alimentos con alto valor nutricional y costos accesibles para la población. Sin embargo, a pesar de los avances, el desarrollo del sector ha sido limitado: aproximadamente el 80% de los cultivos acuícolas en el país se realiza bajo sistemas extensivos, caracterizados por bajos niveles de productividad. Además, persiste una marcada preferencia por el cultivo de especies exóticas en detrimento del aprovechamiento de especies autóctonas, lo cual restringe la diversificación y sostenibilidad del sector. El Estado de México, integrado por 125 municipios y con una superficie que representa el 1.1% del territorio nacional, presenta una temperatura media anual de 22.5 °C. Según datos de 2020, el 48.9% de su población se encontraba en situación de pobreza, ubicándose en la duodécima posición a nivel nacional en este indicador. En lo que respecta a la actividad pesquera y acuícola, la entidad contribuye con apenas el 0.1% del volumen nacional, lo que la sitúa en la posición número 26 del ranking nacional (Infografía Agroalimentaria, 2021). El objetivo fue generar información estadística veraz y actualizada sobre las Unidades de Producción Acuícola (UPAs) en los temas social, económico y técnico de los sistemas productivos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en tres etapas. Primera: se seleccionaron los municipios con base en su clasificación como zonas prioritarias, conforme a los criterios establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo y que presentaban altos niveles de marginación, rezago social y presencia significativa de comunidades indígenas. Una vez definidos, se realizó un análisis preliminar de las Unidades de Producción Acuícola (UPAs) localizadas en dichos territorios, considerando variables como la especie cultivada, el tamaño de la unidad productiva y su ubicación geográfica. Segunda: con apoyo del Comité de Sanidad Acuícola del Estado de México, se llevaron a cabo visitas de campo a las UPAs identificadas. Se aplicaron encuestas estructuradas directamente a los productores, con el objetivo de recabar información detallada sobre aspectos técnicos, productivos, sanitarios y socioeconómicos. Tercera: consistió en la sistematización, captura y análisis de la información recolectada. Esta fase contó con el acompañamiento técnico de INCA Rural. Mediante el uso de metodologías participativas y herramientas específicas de análisis, se identificaron los eslabones de la cadena productiva, sus principales funciones y los puntos críticos que inciden en su desempeño, con el fin de proponer acciones estratégicas orientadas a la mejora integral del sistema productivo en cada localidad intervenida.

RESULTADOS

Se aplicaron un total de 26 encuestas a productores acuícolas ubicados en cinco municipios priorizados del Estado de México. Esta muestra representó el 87% de las unidades de producción acuícola activas identificadas durante el proceso previo de verificación. El porcentaje restante no pudo ser encuestado debido a la ausencia de los responsables al momento de las visitas de campo.

En cuanto a la composición de las especies cultivadas, se observó que el 73% de las unidades encuestadas se dedican exclusivamente al cultivo de trucha (*Oncorhynchus mykiss*); el 11% cultiva de manera simultánea trucha y carpa (*Cyprinus carpio*); y el 8% se dedica únicamente al cultivo de carpa. Respecto a la composición étnica de los productores, el 24% de la muestra correspondió a población indígena de origen mazahua.

Los principales obstáculos identificados por los productores para incrementar la producción acuícola, con el 36% fue el factor económico por el costo del alimento. En segundo lugar, un 12% de los encuestados manifestó que la escasez de agua reflejada en una disminución del flujo en cuerpos y fuentes naturales. La mala calidad del agua, presencia de enfermedades, la deficiencia en infraestructura, falta de capacitación y asistencia técnica, conflictos sociales, o bien, ausencia de problemas significativos; cada uno de estos fue mencionado por el 8% de los encuestados. Finalmente, un 4% señaló la falta de disponibilidad de semilla como un obstáculo adicional en sus procesos productivos.

DISCUSIÓN

Referente al abasto, se observó que los productores enfrentan importantes restricciones relacionadas con la disponibilidad de insumos y condiciones ambientales. Los principales problemas destacan la carencia de equipos básicos, el bajo flujo de agua esencial para mantener la calidad y continuidad del cultivo, y el alto costo del alimento balanceado. Adicionalmente, el impacto del cambio climático se manifiesta en el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones, lo que compromete aún más la disponibilidad de agua y, por ende, la sustentabilidad del sistema productivo.

La producción, se evidenció la necesidad de fortalecer la capacitación y acompañamiento técnico y mejora tecnológica. Los productores manifestaron desconocimiento sobre los procedimientos óptimos para el cultivo de trucha y una limitada aplicación de buenas prácticas acuícolas. Estas carencias, sumadas a una deficiente calidad del agua, se traducen en tasas elevadas de mortalidad, afectando de manera directa la productividad y la rentabilidad de las UPAs.

En cuanto a la comercialización, predomina la venta a pequeña escala, principalmente en pie de granja, lo que limita significativamente el acceso a mercados más competitivos. La falta de valor agregado, la ausencia de sistemas adecuados de empaque y conservación, así como las grandes distancias y malas condiciones de los caminos. La falta de capital para adquirir semilla o alimento, la limitada disponibilidad de crédito, y la venta a precios bajos por no notificar la cosecha ante la CONAPESCA reflejan debilidades en la gestión comercial.

Finalmente, la mayoría de los productores desconocen o no pueden acceder a programas de apoyo federales, estatales u otras fuentes de financiamiento. La falta de vinculación entre instituciones clave y el difícil acceso a créditos limita las posibilidades de modernización y crecimiento del sector acuícola en las regiones atendidas.

CONCLUSIÓN

Se identificaron múltiples áreas de oportunidad a lo largo de la cadena de producción acuícola, las cuales pueden ser atendidas mediante estrategias de fortalecimiento técnico, siendo la capacitación uno de los pilares fundamentales. Si bien algunos productores han tenido acceso a actividades formativas, éstas han sido insuficientes y, en la mayoría de los casos, carecen del acompañamiento técnico necesario para asegurar la adecuada implementación de los conocimientos adquiridos en sus Unidades de Producción Acuícola (UPAs). La evidencia recopilada destaca la necesidad de promover procesos formativos, pertinentes y contextualizados, que aborden de manera integral los distintos eslabones del sistema productivo. Asimismo, es indispensable fomentar el cumplimiento sistemático de cada una de las etapas del proceso acuícola bajo estándares técnicos y de buenas prácticas. La correcta ejecución de estas acciones se reflejará directamente en un aumento de la productividad, lo que a su vez se traducirá en mayores ingresos para las unidades productivas, mejorando su sostenibilidad y generando condiciones propicias para su crecimiento en el corto y mediano plazo

AGRADECIMIENTOS

Al comité de Sanidad Acuícola del Estado de México, por su apoyo en las visitas a la Unidades Productoras Acuícolas

FUENTE FINANCIADORA;

Al Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuícola Sustentables (IMIPAS)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Diagnóstico de la Acuicultura de recursos limitados (AREL) y de la acuicultura de la micro y pequeña empresa (AMYPE) en América Latina. 2012. (FAO) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Serie Acuicultura en Latinoamérica. 7. 26p.

Estado de México Infografía Agroalimentaria, 2021. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera).

Instituto Nacional de la Economía Social. (04 de mayo de 2018). Acuicultura historia y actualidad en México. https://www.gob.mx/inaes/articulos /acuicultura-y-actualidad en méxico. www.gob.mx Recuperado el 04 de abril de 2022 de https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en mexico?idiom=es#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20acu%C3%ADcola%20en%20M%C3%A9xico,los %20cuales%20el%2070%25%20de

Jesús S.R. Diagnóstico de la acuacultura en el Estado de México. 2006. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Zinacantepec, Estado de México. 42p.

Norzagaray C.M., Muñoz S.P., Sánchez V.L., Capurro F.L. y Llánes C.O. 2012. Acuacultura: estado actual y retos de la investigación en México. AquaTic. 37. pp.20-25.

COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES ZOOPLANCTÓNICAS ASOCIADAS AL CULTIVO DE *Heros severus* (HECKEL, 1840) EN UN SISTEMA BIOFLOC.

Andrés Elías Castro-Castellón[1*], Jorge Castro-Mejía[2], Germán Castro-Mejía[2], Arnulfo Misael Martínez-Meingüer[1], Ana Fernanda Flores-González[2], María del Carmen Monroy-Dosta, José Antonio Mata-Sotres, José Alberto Ramírez-Torrez[2], Irina Cruz-Cruz[2]

[1] Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Mexico City, Mexico. [2] Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Mexico City, Mexico.

[*]Autor de correspondencia: ccas.andres@gmail.com

Palabras clave. Zooplancton, Biofloc, *Heros severus*

INTRODUCCIÓN

La tecnología Biofloc (BFT) ha demostrado ser una buena técnica para el cultivo de peces y crustáceos, que ayuda a aumentar la densidad de cultivo junto con la disminución del uso de agua y espacio. Así mismo, permite el desarrollo de flóculos microbianos formados a partir de una relación carbono-nitrógeno en el agua, con poco o nulo recambio (0.5 a 1% por día) y alta oxigenación (Emerenciano *et al*., 2013). El sistema Biofloc permite el crecimiento de una comunidad microbiana, en su mayoría de bacterias heterótrofas que metabolizan los carbohidratos y toman nitrógeno inorgánico resolviendo los problemas de saturación de nutrientes a partir de su transformación a sustancias menos dañinas, disminuyendo los niveles de amonio, nitritos, y por consiguiente la necesidad de realizar cambios de agua. Lo anterior, también permite que la biomasa microbiana forme los flóculos que sirven de alimento natural para las especies en cultivo e incrementa la eficiencia en el uso de alimentos (Monroy-Dosta *et al*., 2013). Por lo mencionado anteriormente el objetivo del presente trabajo fue identificar las comunidades asociadas al Biofloc y cómo estás ayudaron a mantener la calidad de agua en un cultivo de *Heros severus*, con diferentes fuentes de carbono.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema experimental constó de 12 tinacos de 250 L, los cuales se llevaron con 200 L y 20 juveniles de *H. severus*. En cada recipiente de cultivo se colocó un sistema de aireación con una piedra aireadora de 25 cm de largo, con la intensidad suficiente para mover toda la columna de agua. De la misma manera, se colocó un termostato de 150 W para poder mantener la temperatura del medio en 27±2 °C. Los organismos se alimentaron con cuatro dietas experimentales, las cuales fueron: a) Alimento para trucha, El Pedregal ®; b) TetraColor®; c) Cubo de alimento a base de Zanahoria y; d) Cubo de alimento a base de Betabel. Las dietas a base de zanahoria y betabel contienen aproximadamente 30% de proteína y 10% de lípidos. Las dietas se suministraron al 5% de la biomasa total de los organismos presentes en el recipiente de cultivo. Para la formación de los flóculos microbianos la fuente de carbono incorporado a los cultivos fue de harina de moringa para los alimentos de trucha y TetraColor®; para las dietas con zanahoria y betabel, se usó harina de zanahoria y betabel respectivamente, realizadas con el desecho de las dietas. En todos los casos se mantuvo una relación C:N de 15:1. Cada siete días se tomó una muestra de 100 mL de agua del medio de cultivo de cada tina y se determinará la concentración de nitritos (NO_2- mgL^{-1}), nitratos (NO_3- mgL^{-1}), amonio (NH_4- mgL^{-1}), y fosfatos (PO_4^{-3}) mediante un multiparamétrico HANNA® Modelo No. HI83325.

Después del periodo de acondicionamiento, cada 15 días se tomó una muestra de 100 mL, la cual se dejó sedimentar por espacio de 30 minutos. Posteriormente, se tomó una muestra de 1 mL y se observó en un microscopio óptico Leica ICC50 HD (20X y 40X), conectado al programa de imágenes y de conteo (Image® Pro Plus 7.0).

RESULTADOS

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos no presentó variaciones significativas ya que los parámetros de amonio (NH_3), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), fosfatos (PO_4^-) y pH, se mantuvieron constantes durante el periodo experimental. En el Cuadro 1 se presentan los promedios de cada parámetro en las cuatro dietas experimentales.

Cuadro 1.- Valores promedio de las variables fisicoquímicas en las dietas experimentales.

Dieta Experimental	NH_3 (mg L^{-1})	NO_2 (mg L^{-1})	NO_3 (mg L^{-1})	PO_4^- (mg L^{-1})	pH
Dieta Control	0.2	1.89	52.92	5.34	8.3
Dieta TetraColor	0.35	0	84.86	9.76	8.3
Dieta Zanahoria	0.11	1.33	107.62	7.56	8.2
Dieta Betabel	0.36	2.06	28.34	10.49	7.9

En cuanto a la composición del Biofloc, todos los tratamientos comenzaron a presentar la formación de flóculos a partir de las ocho semanas de cultivo. Para el tratamiento Control para la 12ª semana de cultivo, se presentaron las microalgas y los ciliados del género *Colpidium* sp. y *Tokophryrav* sp.; así como los flagelados del género *Peranema* sp. y de igual manera se empezaron a observar rotíferos del género *Lecane* sp. y protozoos del género *Vorticella* sp. Para la 16ª semana de cultivo se hicieron presentes los anélidos del género *Aelosoma* sp., llegando a la última semana de cultivo sin que se observarán los nematodos. En cuanto al tratamiento con TetraColor®, al igual que el tratamiento anterior, la 12ª semana de cultivo, los rotíferos del género *Aelosoma* sp. se hicieron presentes. Para la 16ª semana, se presentaron los protozoarios del género *Arcella* sp., *Centropyxis* sp. y ciliados del género *Acineta* sp., *Tokophyra* sp., y *Paramecium* sp. Además, los rotíferos del género *Lecane* sp., y *Lepadella* sp., protozoos del género *Vorticella* sp. y un mayor número de gastrotricos y anélidos. Al final del periodo de cultivo se tenían flóculos con gran cantidad de rotíferos de los géneros *Lecane* sp., *Philodina* sp., y *Lepadella* sp., así como protozoos del género *Vorticella* sp.y anélidos del género *Aelosoma* sp. En este tratamiento, tampoco se presentaron nematodos.

Para el tratamiento con zanahoria y betabel fueron las que presentaron mejor Biofloc ya que llegaron a tener presencia de nemátodos al final del cultivo para la dieta de zanahoria y en la 16ª para la de betabel. El tratamiento con zanahoria a la 12ª semana ya tenía un Biofloc con ciliados y flagelados del género *Litonotus* sp. y *Paranema* sp., y protozoos como *Centropyxis* sp. y *Amoeba* sp. De igual forma, ya tenía gran presencia de rotíferos de los géneros *Lecane* sp., *Lepadella* sp., y protozoos del género *Vorticella* sp., y anélidos del género *Aelosoma* sp. Para el tratamiento con betabel, en la 16ª semana se presentaron los rotíferos de los géneros *Philodina* sp. y *Lecane* sp., y anélidos del género *Aelosoma* sp. Para la 18ª semana

los grupos predominantes en el Biofloc fueron nematodos y anélidos junto con cuatro géneros de rotíferos (*Lecane* sp.*, Lepadella* sp.*,* y *Philodina* sp.).

La dieta con mayor supervivencia fue la de betabel con el 95%, seguido de la dieta TetraColor con el 90%, la dieta de zanahoria con un 70% y por último la dieta control con 30% de supervivencia.

DISCUSIÓN

Respecto al cultivo en Biofloc, el sistema permitió mantener a los organismos durante seis semanas (después de las cuatro semanas de aclimatación), sin recambios de agua y logrando mantener los parámetros fisicoquímicos dentro del rango óptimo para la especie, en especial el amonio, ya que Veras *et al*. (2016) menciona que lo óptimo es 1.02 ± 0.46 mg L^{-1}, en este experimento los niveles se mantuvieron en un promedio de 0.25 ± 0.12 mg L^{-1}, esto se vio reflejado en la supervivencia de los organismos ya que a partir de la quinta semana no se observaron grandes mortalidades.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la composición del Biofloc en las diferentes dietas, puede decirse que los tratamientos con zanahoria y betabel presentaron un mejor Biofloc que el control y TetraColor®, debido a que presentaron grandes comunidades de rotíferos en etapas más tempranas y llegaron a presentar nematodos. De acuerdo con Monroy-Dosta *et al*. (2013), los rotíferos pueden fragmentar los flóculos y consumir las bacterias adheridas, además que el mucílago producido por sus excreciones también ayuda a la formación de nuevos flóculos. Por su parte, los nematodos son un grupo importante dentro del Biofloc ya que presentan altos contenido de proteína cruda y ácidos grasos esenciales en su composición, siendo una rica fuente de alimento vivo *in situ* y disponible las 24 hrs. Estos autores encontraron que además del zooplancton, las microalgas, coloides, polímeros orgánicos, cationes, y células muertas sirven también como fuente de proteína, reduciendo en más del 25% los costos de alimentación, cabe destacar que los elementos que producen los flóculos tales como la fuente de carbono, el alimento balanceado utilizado para la alimentación, así como los peces acondicionados para el sistema, pueden tener una influencia directa sobre los grupos de organismos que se desarrollan y esto se puede observar en la diferencia de grupos encontrados en esta experimentación (Eilious et al.,2021).

Un sistema de cultivo acuático es más estable y rentable cuando incluye zooplancton además de fitoplancton. Esto se debe a que el zooplancton ayuda activamente a controlar la calidad del agua al metabolizar desechos y transformar el amonio tóxico en compuestos no tóxicos. Esta característica reduce la necesidad de recambios frecuentes de agua y disminuye los costos de alimentación, beneficiando tanto a los cultivos de organismos para consumo humano como a las especies ornamentales (Castro *et al*., 2018).

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que el pez *H. severus* puede ser cultivado en Biofloc utilizando residuos de betabel y zanahoria como fuente de carbono, ya que se mostró que estos ayudan al establecimiento del sistema Biofloc, logrando mantener una buena calidad del agua y formación de flóculos con una buena comunidad de microorganismos, utilizando menor cantidad de alimento y por ende una acuicultura más sostenible y rentable.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores que participan en el Área de Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables. A los alumnos de la Maestría en Ecología Aplicada y Ciencias Agropecuarias de la UAM-Xochimilco que participaron en esta investigación, así como de los Tesistas Doctorales Andrés Elías Castro Castellón y Arnulfo Misael Martínez Meingüer, los cuales contribuyen en el desarrollo de esta investigación.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Recursos propios de los Proyectos de Investigación de los integrantes del Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

REFERENCIAS

Emerenciano, M., Gaxiola, G., y Cuzon, G. (2013). Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. En: M.D Matovic, ed. *Biomass now – Cultivation and Utilization*. Belfast: InTech, Queen's University, pp. 301–328.

Veras, G., Paixão, D.J., Brabo, M.F., Soares, L.M., y Sales, A.D. (2016). Influence of photoperiod on growth, uniformity and survival of the larvae of the Amazonian ornamental *Heros severus* (Heckel, 1840). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, pp. 422-426.

Monroy, M.C., de Lara, R., Castro, M.J., Castro, M.G., y Emerenciano, M.G. (2013). Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48, pp. 511-520.

Eilious, M., Nurul, S.M., Arshad, A., Salleh, M., Karim, M. (2021). Effects of carbon source on the culture of giant river prawn in biofloc system during nursery phase. *Aquaculture Reports*, 19.

Castro, M.J., Castro, M.G., Castro, A.E., Vega, I.L., y Moreno, O.L. (2018). Weight gain comparison in *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) cultured in a biofloc system with four different carbon sources. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(6), pp. 11-15.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, BIENESTAR Y EFICIENCIA ALIMENTICIA DE *Astronotus ocellatus, Melanochromis* sp*, Cyprinus carpio* Y *Oreochromis niloticus* CULTIVADOS EN BIOFLOC.

Castro-Mejía Germán, Castro-Mejía Jorge, Castro-Castellón Andrés Elías, Martinez-Meingüer Arnulfo Misael*, Flores-González, Ana Fernanda, Ramírez-Torrez José Alberto, Cruz-Cruz, Irina.

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo y Biofloc. Depto. El Hombre y su Ambiente. División de Ciencias Biológicas y de la Salud.

*Autor para correspondencia: 2223801056@alumnos.xoc.uam.mx

Palabras clave. Crecimiento cíclidos, eficiencia alimenticia, bienestar

INTRODUCCIÓN

La acuicultura consiste en la producción de cualquier ser vivo en el medio acuático y surge como un sector productivo primario paralelo a la agricultura y ganadería. Sin embargo, el impacto ambiental negativo generado por las descargas de agua provenientes de la acuicultura han representado un problema importante de contaminación. Frente a estos retos, surgen opciones tecnológicas innovadoras que mejoran la eficiencia de los cultivos, en pro de su sostenibilidad ambiental, económica y social. Una de estas técnicas es la de Biofloc como una alternativa amigable con el ambiente que van de la mano con altas producciones de organismos acuáticos. Además, la técnica Biofloc ha demostrado ser una alternativa eficiente para mitigar los impactos ambientales al disminuir el uso de espacio y agua; debido a que se puede reciclar y reusar continuamente los nutrientes, esto también tiene beneficios en el cultivo, ya que disminuye el riesgo de introducción de patógenos o enfermedades, y aumenta la supervivencia y el crecimiento de organismos. En este sentido, la presente investigación tuvo el objetivo de medir el crecimiento y la eficiencia de alimentación de cuatro de las especies más utilizadas en México para consumo y para ornato.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Producción de Alimento Vivo en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. El cultivo de peces se montó en cuatro tinacos por triplicado con 100 peces juveniles del género *Melanochromis* sp., *Astronotus ocellatus, Cyprinus carpio* y *Oreochromis niloticus* por separado. A cada tinaco se le colocó un sistema de aireación con la intensidad suficiente para mover toda el agua, permitiendo la circulación de toda la columna de agua. El experimento tuvo una duración de 180 días. Cada especie fue alimentada con una dieta específica dos veces al día en una relación del 10% de la biomasa total. Las dietas consistieron en: a) Para *Melanochromis* sp. hojuelas Wardley con 30% de proteína; b) Para *Cyprinus carpio*. hojuelas a base de vegetales (25% proteína); c) Para *Astronotus ocellatus* alimento en agar (40% de proteína), y d) Para *Oreochromis niloticus*. alimento tilapia 0.2mm (30% de proteína). A cada tratamiento se le suministró harina de moringa como fuente de carbono para producir el Biofloc en una relación de C:N 15:1. Cada 15 días, 30 peces tomados al azar de cada grupo experimental fueron extraídos para ser pesados con la ayuda de una balanza digital Nimbus® con una precisión de dos decimales. Además, se tomó la biometría de la longitud total (LT) con la ayuda de un Vernier® digital con precisión de tres decimales. Así mismo, en el sistema se determinó la

concentración de nitritos (NO_2- mgL^{-1}), nitratos (NO_3- mgL^{-1}), amonio (NH_4- mgL^{-1}) y fosfatos (PO_4^{-3}) con la ayuda de un multiparamétrico HANNA®.

Todos los valores obtenidos fueron introducidos a una base de datos en Excel 2019 para obtener el análisis descriptivo. También se obtuvieron curvas de tendencia de crecimiento para cada variable biométrica. Además, se calcularon: la ganancia en talla y peso, las tasas de crecimiento absoluto (TCA), las tasas instantáneas de crecimiento (TIC), el grado de bienestar (KM) y el Factor de Conversión Alimenticia (FCA).

RESULTADOS

En los cuatro tratamientos experimentales, el pH se mantuvo en valores de 7.13 a 7.37; el amonio (NH_4) entre 0.09 a 0.42 mgL^{-1}; mientras que los nitratos (NO_3) de 0 a 6.83 mgL^{-1}; los nitritos (NO_2) de 0 a 3.67 mgL^{-1}; y los fosfatos (PO^{4-}) de 0 a 1.68 mgL^{-1}. En los cuatro experimentos se presentó una supervivencia por arriba del 90% de los organismos cultivados.

En la Figura 1 se presentan las curvas de crecimiento de los organismos en cultivo con Biofloc.

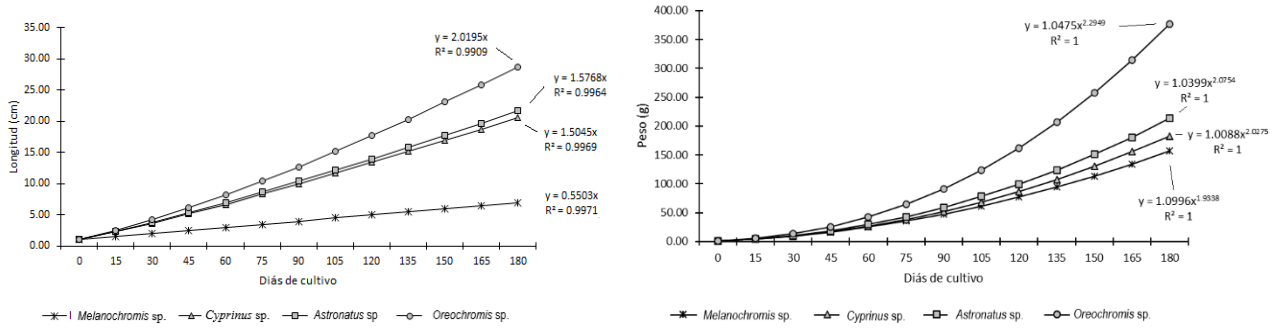


Figura 1. Curvas de crecimiento de longitud y peso de los organismos en cultivo Biofloc

Las tasas de crecimiento absoluto de los diferentes grupos experimentales se muestran en la Figura 2.

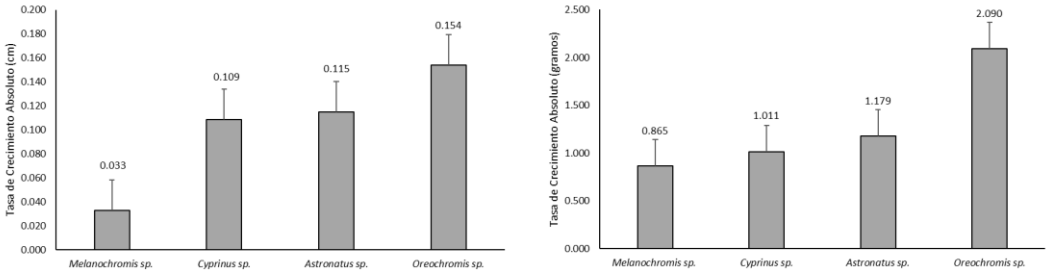


Figura 2. Tasas de crecimiento absoluto (TCA) de la longitud y el peso de los organismos en cultivo con Biofloc.

En la Figura 3 se muestran las curvas del grado de bienestar (KM) de los organismos, en donde se observa que la dieta y las condiciones en Biofloc le permiten guardar la relación longitud/peso que cada especie en cultivo tiene.

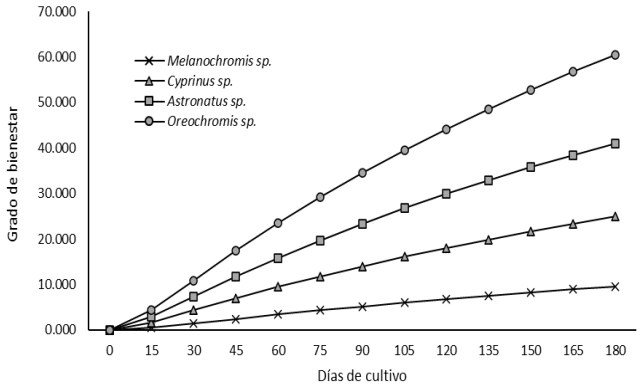


Figura 3. Grado de bienestar (KM) de los organismos en cultivo con Biofloc bajo las dietas utilizadas para cada especie.

DISCUSIÓN

Durante este experimento, la calidad del agua se mantuvo entre los intervalos adecuados para su cultivo, sin presentar variaciones que afecten el buen crecimiento y el peso de los organismos en un sistema Biofloc. Una de las variables más importantes a considerar es el pH del medio de cultivo, en este experimento el pH fluctuó entre 7.13 a 7.37, lo que permitió el crecimiento de bacterias heterótrofas nitrificantes que se traduce en una mayor estabilidad del sistema Biofloc. Los altos valores en supervivencia (90%) de este estudio son acordes a los reportados por Castro et al. (2020), en *A. ocellatus* que reportaron una supervivencia del 85%. Altos valores de supervivencia se deben a que las bacterias heterótrofas pueden llegar a tener una capacidad probiótica que se refleja en el bienestar de los organismos y a su vez, con el mínimo recambio de agua se disminuye la probabilidad de que se introduzcan patógenos en el cultivo disminuyendo en consecuencia la mortalidad. El sistema Biofloc permitió que las cuatro especies experimentales llegaran a un buen peso y longitud. *A. ocellatus* alcanzó un peso promedio de 99.42 g y una longitud de 13.97cm a diferencia del estudio realizado por Huayllahua et al. (2018) cuyos organismos sólo alcanzaron un peso promedio de 28.45g y una longitud de 11.31 cm en 120 días de cultivo y por debajo de lo que se reporta en el trabajo de Castro-Castellón et al (2020) realizado con cuatro fuentes de carbono (café, Yuca, macroalga y Moringa), los cuales obtuvieron tallas promedio entre 11.06-14.39 cm en 120 días de cultivo. Para *O. niloticus* este estudio presentó valores de 8.15 cm de longitud y 42.07 g en peso a 60

días de cultivo a diferencia del trabajo con Zafra et al. (2019), a los mismos días de cultivo, los organismos alcanzaron un peso de 30.7 g en un sistema de cultivo sin Biofloc. Para *Cyprinus carpio* se obtuvieron valores de 28 cm y 377 g a diferencia de lo encontrado por Ramirez-Nuñez et al. (2019) que obtuvieron valores de longitud entre 40.84-43.2 cm en 75 días de cultivo usando como fuente de carbono el café. En cuanto al Factor de Conversión Alimenticia (FCA) las cuatro dietas obtuvieron valores entre 0.346-0.394:1 kg de biomasa producido, obteniendo una Eficiencia de Conversión Alimenticia (ECA) entre 253.60-289.08%, valores por encima de los encontrados por Kubitza (2011) con *O. niloticus* en un sistema Biofloc a 135 días con una FCA entre 1.39-2.14 y una ECA de 71.43-46.6%.

CONCLUSIÓN

Los cíclidos son una familia de organismos capaces de tolerar altas concentraciones de materia orgánica en el medio de cultivo por lo que pueden ser cultivados en un sistema Biofloc y mejorar su crecimiento. Sin embargo, es recomendable hacer estudios preliminares si se quiere cultivar una especie ornamental en biofloc, debido a que sus branquias pueden ser saturadas por los flóculos de materia orgánica y obstruirse el intercambio gaseoso.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores que participan en el Área de Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables. A la alumna de la Maestría en Ecología Aplicada Ana Fernanda Flores González y a los Tesistas Doctorales Andrés Elías Castro Castellón y Arnulfo Misael Martínez Meingüer, los cuales contribuyeron en el desarrollo de esta investigación.

Fuente de financiamiento

Recursos propios de los Proyectos de Investigación de los integrantes del Área Estrategias Biológicas para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales Acuáticos.

REFERENCIAS

Castro Castellón Andrés, Castro Mejía Jorge, Monroy Dosta Carmen y Arnulfo Misael Martínez-Meingüer. (2020). Determination of weight and length gain of *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831) in a Biofloc system with a pigment-rich diet. 200-204.

Huayllahua M., Grández K; (2018). “Efecto de los niveles proteicos en el crecimiento y composición corporal de alevines y Acarahuazú”, *Astronotus ocellatus* (Cichlidae) Cultivados En Jaulas Flotantes. Iquitos. Perú”. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Ciencias Biológicas, Iquitos, Perú, 43-60 pp.

Kubitza, F. Criação de tilapias em sistemas com bioflocos sem renovação de agua. Panorama da Aquicultura 2011; 2 (125): 14-23.

Ramirez NJ, Castro MG, Castro MJ, Ocampo CJA, Castro CAE. (2019). Biofloc excess as raw material for flakes production to ornamental fish and their use as organic fertilizer (liquid and dry) for plants. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 7(6):31-38.

Zafra Trelles, Alina Mabel, Díaz Barboza, Moisés Efraín, Dávila Gil, Félix Antonio, Fernández Chumbe, Rosa Esther, Vela Alva, Kriss Alexander, Guzmán Santiago, Héctor Humberto. (2019). Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus var. suprema* (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado, Trujillo, La Libertad, Perú. Arnaldoa, 26(2), 815-826.

EFECTO DEL SEXO GENÓMICO SOBRE EL PESO CORPORAL Y SUPERVIVENCIA AL SÍNDROME DE MANCHA BLANCA EN POSTLARVAS DE *LITOPENAEUS VANNAMEI*

Hilary Arlett Gorgonio-Sánchez[1], Thania Medrano-Mendoza[2 3], Leobardo Montoya-Rodríguez[4], Baltasar Fernandes-Garcia[5], Alejandra Caballero-Zamora [2 3], Juan Carlos Quintana-Casares[3], Gabriel Ricardo Campos-Montes[2 3*]

[1]Maestría en Ciencias Agropecuarias UAM -Xochimilco; [2]Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco; [3]Genética MarSel S.A. de C.V.; [4]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, [5]Universidad Estatal Paulista

*Autor para correspondencia: gcampos@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: sexo genómico, peso, *Litopenaeus vannamei*

INTRODUCCIÓN

El camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), es la principal especie producida a nivel mundial, debido a que tiene el mejor rendimiento productivo y presenta mayor tolerancia a las condiciones en cautiverio. En *L. vannamei* existe dimorfismo sexual; en cuanto al crecimiento, las hembras superan en peso a los machos entre el 1.3% y el 17%, por lo que el cultivo monosexual de hembras aumentaría la biomasa producida en el mismo período de engorda. Sin embargo, identificar fenotípicamente el sexo de las postlarvas no es viable, por lo que cualquier evaluación de alternativas para procesos relacionados a esto, es limitada en esta etapa de desarrollo. El avance de las herramientas genómicas ha permitido identificar polimorfismos de nucleótido simple (SNPs), relacionados con el sexo de los organismos. En *L. vannamei*, el SNP *Yu_C19299G_A*, se ha validado como un marcador confiable para distinguir entre machos y hembras, sin embargo, existe poca precisión en cuanto a su ubicación.

Uno de los desafíos en la camaronicultura es el síndrome de mancha blanca (SMB), ya que puede provocar mortalidades masivas en pocos días y generar importantes pérdidas económicas. Esta enfermedad resulta más agresiva en animales con mayor crecimiento por lo que se podría suponer que las hembras serían más susceptibles que los machos. El uso de información genómica permite el análisis de diferencias sexuales en rasgos económicamente relevantes en etapas tempranas como lo son los indicadores de resistencia a enfermedades. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del sexo genómico sobre el peso corporal y la supervivencia al síndrome de mancha blanca en postlarvas de *Litopenaeus vannamei*.

METODOLOGÍA

Se utilizó la información del ciclo productivo 2024, de 1054 individuos provenientes de 176 familias ($\bar{X}$ = 6 organismos por familia), que forman parte de un programa de mejoramiento genético que considera el peso a la cosecha, la supervivencia general y la resistencia al virus del SMB como criterios de selección. La edad promedio fue de 86 días posteclosión, y se sembraron en dos tinas para un desafío controlado al virus del SMB. Los detalles acerca del protocolo de operación del desafío se pueden consultar en Medrano-Mendoza et al., (2023). Se tomaron muestras de pleópodos y se registró el peso corporal, la identificación familiar y la supervivencia al final del desafío. Los organismos fueron genotipados con el microarreglo AquaArray HD (50 K) vannamei® desarrollado por Neogen® (Nebraska, EE. UU.), el cual contiene un total de 50,811 SNP. El sexo genómico se asignó en función del SNP *Yu_C19299G_A*, el cual definió a las postlarvas con el genotipo GG como hembras (50.6%) y los genotipos GC y CC como machos (49.4%).

Para evaluar la persistencia del efecto del sexo, se consideró un segundo grupo de camarones de las mismas familias, que fueron sembrados en dos estanques comerciales en Sonora, México (50 organismos/familia/estanque), y cosechados a una edad promedio de 182 días, con una supervivencia general del 54.3%. Se registró el peso corporal, el sexo fenotípico (presencia de petasma como macho, presencia de télico como hembra), la edad y el estanque de crecimiento. Se utilizaron modelos lineales mixtos para evaluar la existencia del efecto de sexo (genómico o fenotípico según el grupo de datos) sobre el peso corporal, considerando como efectos fijos; el sexo y la edad del organismo, y como efecto aleatorio; la familia de hermanos completos. Así mismo, se incluyeron como efectos fijos la tina de siembra y el estanque comercial para las mediciones en el desafío al SMB y en la engorda comercial, respectivamente. Se utilizó una prueba de χ^2 de homogeneidad de proporciones para determinar diferencias en el porcentaje de cada sexo en los organismos sobrevivientes de ambos procesos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos sobre el peso y la supervivencia, relacionados con la asignación del sexo genómico con el marcador *Yu_C19299G_A* en postlarvas, son consistentes con los efectos identificados en los estanques en los que se consideró la asignación del sexo fenotípico de la población; los resultados se sintetizan en el cuadro 1. Se detectaron diferencias entre sexos genómicos (P=0.0002) para el peso de las postlarvas en el desafío a SMB, así como entre sexos fenotípicos (P < 0.001) en el peso a la cosecha en estanque comercial; estas diferencias representaron un 6.4 y 8.0% a favor de las hembras, respectivamente. Estas diferencias entre sexos coinciden con reportes previos, que indican que alrededor de los 100 días post eclosión las hembras pueden superar el peso de los machos entre un 1.3 y un 17% (Moss & Moss, 2006; Castillo et al., 2007). En condiciones de laboratorio, se ha reportado que entre los 10 y los 12 meses de edad, las hembras llegan a pesar hasta un 35% más que los machos (Caballero-Zamora et al., 2015; Peralta-Martínez et al., 2019).

En cuanto a la supervivencia de ambos procesos, no se detectaron diferencias (P > 0.05) en la proporción de sexos, lo que es consistente con la proporción teórica esperada de 50% de hembras (ZW) y 50% de machos (ZZ) bajo el sistema de determinación sexual genética en camarones (Charlesworth y Mank, 2010; Yu et al., 2017). Por otro lado, estudios previos han documentado que los organismos con mayor capacidad de crecimiento pueden ser más vulnerables a condiciones ambientales (Reyes et al., 2024), por lo que se esperaría una mayor proporción de machos que de hembras al final de los procesos productivos; sin embargo, los datos presentados en este estudio indican que tanto en postlarvas como a la edad a la cosecha, el sexo no representó un factor que influya en la viabilidad de los organismos.

Cuadro 1. Estadística descriptiva para peso corporal y supervivencia por sexo en *Litopenaeus vannamei* en dos edades diferentes

	n	Peso corporal (g)	Supervivientes
Evaluación de resistencia al virus del Síndrome de Mancha Blanca *			
General	1054	2.10 ± 0.03	
Machos	521	2.03 ± 0.05	48.9 %
Hembras	533	2.16 ± 0.05	51.1 %
Evaluación de productividad en estanques comerciales			
General	9,921	31.04 ± 0.05	
Machos	4928	29.73 ± 0.12	49.6 %
Hembras	4993	32.12 ± 0.12	50.4 %

* Sexo determinado a partir del SNP *Yu_C19299G_A*, donde GG es hembra y GC y CC macho
Porcentaje de sexo en supervivientes sin diferencias significativas (P > 0.05)
Peso corporal en ambas edades, diferencia significativa (P < 0.05)

CONCLUSIÓN

El sexo genómico o fenotípico en *L. vannamei* tiene un efecto significativo sobre el peso corporal, donde las hembras presentan un mayor crecimiento en comparación con los machos, tanto en etapas tempranas como a la cosecha. Por otro lado, no se observaron diferencias en la supervivencia entre sexos ya sea en desafíos controlados a SMB o en estanquería comercial. La utilización del marcador *Yu_C19299G_A* para la determinación del sexo genómico en postlarvas representa una herramienta valiosa para el análisis de características en etapas tempranas y en el desarrollo de estrategias de cultivo monosexo.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados mostrados son parte de la tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias de la UAM-Xochimilco del primer autor, por lo que se agradece a SECIHTI, México, por la beca de maestría (reg. No. 2045345). Así mismo, los autores agradecen a la empresa Genética MarSel S.A. de C.V. por el financiamiento otorgado para esta investigación.

REFERENCIAS

1. Castillo-Juárez, H., Quintana, C.J.C., Campos-Montes, G., Cabrera, V.C., Martínez, O.A., & Montaldo, H.H. (2007). Heritability for body weight at harvest size in the Pacific white shrimp, *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, from a multi-environment experiment using univariate and multivariate animal models. Aquaculture 273, 42–49. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.09.023
2. Garcia, B. F., Mastrochirico-Filho, V. A., Gallardo-Hidalgo, J., Campos-Montes, G. R., Medrano-Mendoza, T., Rivero-Martínez, P. V., Caballero-Zamora, A., Hashimoto, D. T., & Yáñez, J. M. (2024). A high-density linkage map and sex-determination loci in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *BMC Genomics*, *25*, 565. https://doi.org/10.1186/s12864-024-10431-x
3. Moss, D. R., & Moss, S. M. (2006). Effects of gender and size on feed acquisition in the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of the World Aquaculture Society, 37(2), Oceanic Institute.
4. Reyes López-Ordaz, L., Caballero-Zamora, A., Yáñez, J. M., Montoya-Rodríguez, L., Gómez-Gil, B., Soto Rodríguez, S. A., Martínez Ortega, A., Quintana Casares, J. C., Castillo-Juárez, H., & Campos Montes, G. R. (2024). Genetic (co)variation for resistance to white spot syndrome virus, acute hepatopancreatic necrosis, and overall pond survival in *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture International, 32*, 4885–4899. https://doi.org/10.1007/s10499-024-01406-6
5. Yu, Y., Zhang, X., Yuan, J., Wang, Q., Li, S., Huang, H., Li, F., & Xiang, J. (2017). Identification of sex-determining loci in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using linkage and association analysis. *Marine Biotechnology, 19*, 277–286. https://doi.org/10.1007/s10126-017-9749-5

ANÁLISIS GENÓMICO DE LA RESISTENCIA AL SÍNDROME DE MANCHA BLANCA EN *LITOPENAEUS VANNAMEI*, CONSIDERANDO TIEMPO DE MUERTE Y CARGA VIRAL

Thania Medrano-Mendoza[1,2], Psique Victoria Rivero-Martínez[1,2], Leobardo Montoya-Rodríguez[3]

, Alejandra Caballero-Zamora[1,2], Juan Carlos Quintana-Casares[2,] *Gabriel Ricardo Campos-Montes[1,2]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco; [2] Genética MarSel S.A. de C.V; [3]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.

*Autor para correspondencia: mendozatm1@hotmail.com

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei*, resistencia genética, Síndrome de Mancha Blanca

INTRODUCCIÓN

Los estudios de asociación genómica (GWAS, por sus siglas en inglés) han demostrado ser una herramienta para la identificación de variantes genéticas asociadas con rasgos complejos, como la resistencia a enfermedades infecciosas; este enfoque, basado en el uso de marcadores genéticos de tipo Polimorfismos de Nucleótido Simple (SNPs, por sus siglas en inglés), permite asociar a estos con variantes fenotípicas. En este contexto, la carga viral (CV), entendida como la cantidad de virus detectada en un organismo infectado, se ha propuesto como un indicador cuantitativo de la resistencia antiviral, representando un complemento a criterios como la supervivencia binaria (SB) o el tiempo de muerte (TM).

Diversos estudios han mostrado una relación inversa entre la CV y el TM, es decir, individuos con menor CV tienden a resistir por más tiempo antes de morir, lo que sugiere que esta medida refleja la capacidad del hospedador para limitar la replicación viral que está regulada por factores genéticos directos y subyacentes. Por lo tanto, analizar la variabilidad genética asociada a la CV podría permitir una comprensión más precisa de los mecanismos de resistencia, a partir de la identificación de regiones genómicas asociadas en el control de la infección, y en su caso, ofrecer una base para la selección de organismos más resistentes.

Uno de los retos sanitarios que ha enfrentado el cultivo de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), es el virus del Síndrome de Mancha Blanca (SMB), un agente altamente patógeno que causa pérdidas significativas a nivel global. Frente a este desafío, el análisis de la CV como rasgo cuantitativo permitiría avanzar en la identificación de los determinantes genéticos de la resistencia al virus. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la relación entre la carga viral, el tiempo de muerte y la supervivencia en una población de *L. vannamei* desafiada con el virus del Síndrome de Mancha Blanca, así como realizar un estudio de asociación genómica para la carga viral.

MATERIAL Y MÉTODOS

En la Unidad de Desafíos Experimentales (UDE) de la empresa Genética Marsel S.A. de C.V., se realizó un desafío al virus del SMB utilizando 4,760 organismos pertenecientes a 170 familias identificadas mediante elastómeros de colores, con una edad y un peso promedio al momento de la siembra de 73 días y 2.4 g. La población fue inoculada *per os*, con macerado de músculo de camarón infectado con el virus del SMB (1×10^{-6} unidades virales), siguiendo los protocolos del CIAD-Mazatlán A.C. Se utilizaron cinco tinas experimentales: una se destinó como grupo control (sin inóculo), mientras que las otras cuatro fueron

inoculadas con el virus. De dos de estas últimas se obtuvieron muestras para análisis genómico. Los animales muertos o moribundos fueron recolectados a intervalos de una hora, registrando para cada individuo la familia de origen, el peso al momento de la colecta y la hora de muerte post-infección. Se recolectaron pleópodos de 418 organismos pertenecientes a 40 familias, para su genotipificación y cuantificación de la CV. El desafío concluyó a las 144 horas post-inoculación. Más detalles del protocolo operativo del desafío están disponibles en Medrano-Mendoza et al. (2023).

La obtención de la CV se realizó acorde con los protocolos desarrollados por el CIAD Mazatlán A.C. Para su análisis estadístico la variable se transformó a raíz cubica ($CV^{1/3}$) con la finalidad de normalizar su distribución. Se realizó una comparación de la $CV^{1/3}$ entre los organismos muertos y los supervivientes al desafío, mientras que la relación del TM con la $CV^{1/3}$ fue analizada mediante un modelo de regresión que incorporó los términos lineal y cuadrático de la $CV^{1/3}$, además, para evaluar el efecto de la $CV^{1/3}$ sobre la probabilidad de SB, se empleó un modelo de regresión logística.

El genotipado de las muestras, fue realizado por el Center of Aquaculture Technologies, a partir del chip AquaArray HD (50 K) vannamei®, panel desarrollado por Neogen® (Nebraska, USA). El control de calidad (QC) filtró los genotipos utilizando una tasa de llamado del 90%, frecuencia del alelo menor (MAF) <0.01, equilibrio de Hardy Weinberg (HWE) ($P < 1x10^{6}$) y exclusión de organismos con una tasa de llamado de genotipo menor al 90%. Además, fueron eliminados los marcadores sin posición asignada y fuera de los 44 grupos de ligamiento (GL) reconocidos para la especie.

Se realizó un GWAS para la $CV^{1/3}$ de los organismos muertos durante el desafío utilizando el software *Genome-wide Complex Trait Analysis,* GCTA. Un SNP fue considerado como significativo a nivel genómico cuando $P< 0.05/N$, y significativo a nivel cromosómico cuando $P< 0.05/N/Nc$; donde *N* correspondió al número total de SNPs después del QC, y *Nc* al número de grupos de ligamiento. La búsqueda de secuencias homólogas se llevó a cabo mediante el uso de la Herramienta Básica de Búsqueda de Alineamiento Local, BLAST, considerando una secuencia flanqueante de 100 kb “río arriba – río abajo” para cada SNP significativo. Los genes que presentaron un alineamiento dentro de esta región fueron considerados como potencialmente asociados a la $CV^{1/3}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estadística descriptiva poblacional se presenta en el Cuadro 1. La $CV^{1/3}$ fue mayor en los organismos muertos que en los supervivientes ($P<0.05$).

Además, se observó un efecto lineal ($\beta_1 = 1.27 \pm 0.08$) y cuadrático ($\beta_2 = -0.00925 \pm 0.003$) del TM sobre la $CV^{1/3}$, lo que indica que durante las primeras horas existen organismos que mueren con $CV^{1/3}$ bajas, mientras que otros postergan el TM con $CV^{1/3}$ altas. Esta variación fenotípica en la resistencia al patógeno podría influir en la propagación de la enfermedad, en función de la capacidad de los organismos para transmitir la infección. Aquellos individuos con cargas virales elevadas podrían actuar como reservorios del virus, facilitando su diseminación (Horns y Hood, 2012). Por otra parte, la $CV^{1/3}$ tiene un impacto negativo ($\beta_1 = -0.097 \pm 0.010$) y sustancial sobre la SB ($R^2= 0.43$), lo que implica que la probabilidad de supervivencia de un organismo disminuye de manera sistemática con el incremento de la $CV^{1/3}$, sin embargo, cabe destacar la presencia de organismos sobrevivientes con una $CV^{1/3}$ cercana a cero, que podrían ser

considerados individuos altamente resistentes.

Cuadro 1. Estadística descriptiva de la carga viral (CV), la raíz cúbica de la carga viral ($CV^{1/3}$) y el tiempo hasta la muerte en una población de *Litopenaeus vannamei* desafiada al virus del Síndrome de Mancha Blanca.

N=416	media (D.E)	mínimo	máximo
Carga Viral	165,976.80 (195,588.6)	3	1,319,000
$CV^{1/3}$	44.72 (24.1)	1.44	109.66
Tiempo de muerte	119.83 (49.1)	27	194
	Supervivientes n= 80		
Carga Viral	37,655.66 (102528.6)	3	459,200
$CV^{1/3}$	15.86 (20.1)	1.44	77.1
Tiempo de muerte	102.18 (0)	27	193
	Muertos n= 336		
Carga Viral	196,529.49 (200107.2)	1,053	1,319,000
$CV^{1/3}$	51.59 (19.4)	10.17	109.67
Tiempo de muerte	102.18 (36.9)	27	194

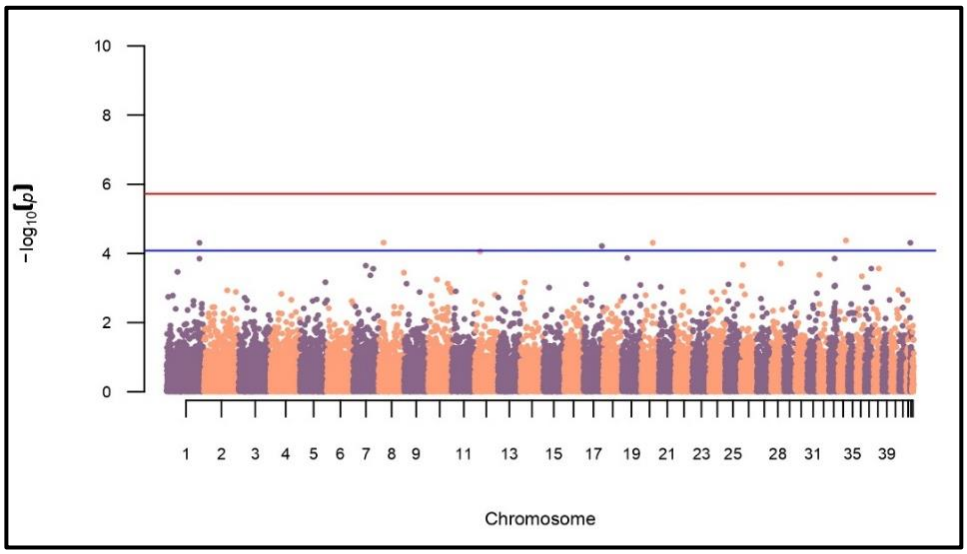
D.E: Desviación estándar.

Posterior al QC, se conservaron 26,614 marcadores y 329 organismos. En el GWAS no fueron detectados marcadores con significancia a nivel genoma, sin embargo, se detectaron seis marcadores asociados a la $CV^{1/3}$ con significancia a nivel cromosómico. Los tres SNPs con mayor significancia a nivel cromosómico son AX 249696396, AX-249819088, AX-249669340 y AX-249896619, ubicados en los GL 34, 8 y 1, respectivamente, estos marcadores explican un total de la varianza genética del 0.062, 0.059 y 0.063 %, respectivamente, lo que implica una relación marginal con la resistencia al virus de SMB. El Gráfico de Manhattan que permiten visualizar la proporción de la varianza genética explicada por los SNP se muestran en la Figura 1. Para los genes asociados a las regiones detectadas en este estudio, no se encontró una relación con procesos celulares significativos asociados con $CV^{1/3}$.

CONCLUSIÓN

La $CV^{1/3}$ presenta cambios asociados al TM, lo que indica diferencias en la probabilidad de SB de *L. vannamei* al virus del SMB. Por otro lado, los organismos supervivientes presentan una menor $CV^{1/3}$, lo que implica la variabilidad en los mecanismos de resistencia dentro de la población. El GWAS detectó SNPs asociados a la $CV^{1/3}$, sin embrago no existe información respecto a genes con influencia en esta característica.

Figura 1. Estudio de asociación genómica para la raíz cúbica de la carga viral ($CV^{1/3}$) en una población de *Litopenaeus vannamei* desafiada al virus del Síndrome de Mancha Blanca.



AGRADECIMIENTOS

Los resultados mostrados son parte del doctorado en Ciencias Agropecuarias de la UAM-Xochimilco del primer autor, por lo que se agradece a SECIHTI, México, por la beca para cursar sus estudios en el Doctorado en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana. Así mismo, los autores agradecen a la empresa Genética MarSel S.A. de C.V. por el financiamiento otorgado para esta investigación.

REFERENCIAS

1. Horns F. & Hood M.E. (2012). The evolution of disease resistance and tolerance in spatially structured 1711.doi: 10.1002/ece3.290
2. Medrano-Mendoza, T., García, B. F., Caballero-Zamora, A., Yáñez, J. M., Montoya-Rodríguez, L., Quintana-Casares, J. C., Durán-Aguilar, M., & Campos-Montes, G. R. (2023). Genetic diversity, population structure, linkage disequilibrium and GWAS for resistance to WSSV in Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) using a 50K SNP chip. Aquaculture, 562, 738835.

HEREDABILIDAD PARA CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS A LA EFICIENCIA REPRODUCTIVA DEL CAMARÓN BLANCO DEL PACÍFICO *(Litopenaeus vannamei)*

Angel Adolfo Rodríguez-Balderas[1*], Gabriel Ricardo Campos-Montes[1,2], Reyes Lopez-Ordaz[1], Wendy Ortiz-Padilla[1], Juan Carlos Quintana-Casares[2], Alejandra Caballero-Zamora[1,2]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco; [2]Genética MarSel S.A. de C.V.

*arodriguezb15@proton.me

Palabras clave: Heredabilidad, características reproductivas, camarón blanco del Pacífico

INTRODUCCIÓN

En la producción de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), los programas de mejoramiento genético (PMG) están orientados a la obtención de biomasa de alto valor comercial, utilizando como criterios de selección directos el número de organismos producidos y el peso corporal. Sin embargo, es necesario considerar criterios de selección indirectos, que también influyen en la producción. Tal es el caso de características relacionadas a la eficiencia reproductiva, como el número de huevos, número de nauplios y porcentaje de eclosión (Hasan *et al*., 2020; Ren *et al*., 2020). Dentro de los PMG es importante monitorear el comportamiento de características relacionadas a la eficiencia reproductiva para evitar el posible deterioro biológico de la población debido a efectos negativos derivados de los procesos de selección, para esto se requiere determinar en qué medida la variación fenotípica en la población se debe a efectos heredables, lo cual se conoce a través de la estimación del parámetro genético denominado heredabilidad (h^2).

En *L. vannamei*, los estudios relacionados a la eficiencia reproductiva son escasos. Los valores estimados de heredabilidad reportados en literatura para el número de huevos, número de nauplios y porcentaje de eclosión han sido de 0.03 a 0.26, de 0 a 0.18 y de 0.04 a 0.07, respectivamente (Caballero-Zamora *et al*., 2015; Tan *et al.*, 2017; Ren *et al*., 2020). Cabe señalar que estas investigaciones difieren en la estructura y tamaño de la población, los efectos incluidos en los modelos estadísticos y el tipo de apareamiento utilizado, factores que afectan directamente la magnitud y precisión de la estimación de heredabilidad.

Dado lo anterior, el objetivo del presente trabajo es estimar la heredabilidad del número de huevos total, número de nauplios y porcentaje de eclosión del camarón blanco del Pacífico (*L. vannamei*).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron registros reproductivos y genealógicos de reproductoras de *L. vannamei* de los ciclos 2020 a 2023 del núcleo genético de la empresa Genética MarSel S.A. de C.V. ubicada en Sinaloa, México.

El número total de hembras evaluadas en el presente estudio fue de 1,451 provenientes de 274 familias. En cada ciclo, los reproductores fueron identificados individualmente mediante un anillo ocular y familiarmente con elastómeros de colores para poder realizar apareamientos dirigidos con una relación de dos hembras por cada macho mediante inseminación artificial, evitando consanguinidades esperadas superiores a 6.25%. Tras ser inseminadas y pesadas, las hembras fueron colocadas individualmente en tambos con 200 L de agua para desovar. Una vez completado el desove, las hembras fueron retiradas y los huevos fueron trasladados a cubetas de 15L con aireación constante para facilitar su eclosión entre 12 y 15 horas después de la inseminación. Para estimar el número de nauplios (NN) y número de huevos no eclosionados, se uso una pipeta de 1ml y, de forma perpendicular a la superficie del agua, se tomaron 3

muestras, el promedio de estas muestras se extrapoló el conteo a 15L para el conteo final. A partir de lo anterior, las variables consideradas en este estudio fueron: el NN, el número de huevos totales (NHT), determinado a partir de la suma del número de huevos no eclosionados y NN; y el porcentaje de eclosión (%E) definido como la razón de NN sobre NHT.

Para la estimación de los componentes de varianza, se utilizó un modelo animal univariado y software ASReml (Gilmour *et al.,* 2009). Los efectos fijos incluidos en el modelo para el NHT fueron el peso de la hembra a la inseminación y la edad anidada en el ciclo, mientras que para NN y %E solo se incluyó el ciclo de producción. Como efectos aleatorios, se incluyeron el efecto aditivo del animal, efecto del residual y, en el caso de NN y %E, se incluyó un efecto aleatorio que contempla los factores asociados con el macho inseminador, como la calidad reproductiva del macho y la habilidad del operador para inseminar (Caballero-Zamora *et al*., 2015). La varianza fenotípica para cada característica fue calculada como la suma de la varianza de los efectos aleatorios. La heredabilidad (h^2) se estimó como la proporción de la varianza genética aditiva entre la varianza fenotípica correspondiente. La contribución de los factores asociados con el macho inseminador (s^2) a la varianza fenotípica para NN y %E fue estimada como la proporción de su varianza entre la varianza fenotípica correspondiente. La significancia estadística de la heredabilidad se determinó a partir de un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El NHT promedio (desviación estándar) fue de 163.96 (52.9) miles de huevos, con un rango de 4.95 a 469.95 miles de huevos por desove. Para NN, la media (desviación estándar) fue de 58.81 (50.63) miles de nauplios, con un rango de 0 a 325.01 miles de nauplios por desove. En cuanto al %E, su media (desviación estándar) fue de 35.47 (27.13), con un rango de 0% a 97% por desove. La estimación de heredabilidad para cada característica se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Heredabilidad para características relacionadas a la eficiencia reproductiva de los ciclos 2020 a 2023

Característica	h^2	e.e.	s^2	e.e.
Número de huevos totales	0.11*	0.04	-	-
Número de nauplios	0.06	0.03	0.22*	0.04
Porcentaje de eclosión	0.07*	0.03	0.22*	0.04

h^2=heredabilidad; e.e=error estándar; s^2 efecto del macho inseminador; *=P<0.05

La heredabilidad estimada para NHT fue de 0.11 (0.04), valor consistente para la misma población en ciclos productivos anteriores, la cual fue estimada como 0.13 (0.04) (Caballero-Zamora *et al*., 2015). En contraste, este valor difiere de los resultados obtenidos por Tan *et al*. (2017), quienes no encontrar variación genética significativa para esta característica y por Ren *et al*., (2020) quienes reportaron una heredabilidad considerablemente mayor, de 0.26 (0.07); estas discrepancias en magnitud y significancia pueden atribuirse a diferencias en los efectos incluidos en la modelación estadística, el tipo de inseminación (natural o artificial) y el tamaño de muestra.

Para la estimación de la heredabilidad para NN y %E, se consideró la inclusión del efecto del macho inseminador obteniendo una varianza estimada de 0.22 (0.04) en ambos casos. Al considerar este efecto, la heredabilidad para NN no fue significativa, a diferencia de lo reportado por Ren *et al*. (2020), quienes estimaron una heredabilidad de 0.18 (0.06), sin incluir un efecto asociado al macho inseminador. Respecto a la heredabilidad estimada para %E, fue significativa con un valor de 0.07 (0.03), a diferencia de lo reportado por Ren *et al.* (2020), quienes mostraron un valor puntual similar pero no significativo. Es importante mencionar que la omisión del efecto del macho se refleja en una sobreestimación de la heredabilidad.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio muestran una varianza genética aditiva para el número de huevos totales y el porcentaje de eclosión, así como un efecto significativo del macho inseminador en la varianza del número de nauplios y el porcentaje de eclosión. Contar con esta información podría participar en futuras tomas de decisiones respecto a la incorporación de características asociadas a la eficiencia reproductiva en los objetivos de selección, ya sea como criterios directos o indirectos, sin comprometer su variabilidad genética.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Los autores agradecen a Genética MarSel S.A de C.V por el financiamiento otorgado para esta investigación. Así mismo, se agradece a la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), México, por su beca otorgada al primer autor (No. de CVU: 2042507) para su estudio de la Maestría en Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caballero-Zamora, A., Cienfuegos-Rivas, E. G., Montaldo, H. H., Campos-Montes, G. R., Martínez-Ortega, A., & Castillo-Juárez, H. (2015). Genetic parameters for spawning and growth traits in the Pacific white shrimp (*Penaeus* (*Litopenaeus*) *vannamei). Aquaculture Research*, 46(4), 833–839. https://doi.org/10.1111/are.12235

Gilmour A.R., Gogel B.J., Cullis B.R. & Thompson R. (2009) ASReml Use Guide. Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, UK.

Hasan, Md. M., Tulloch, R. L., Thomson, P. C., Raadsma, H. W., & Khatkar, M. S. (2020). Meta-analysis of genetic parameters of production traits in cultured shrimp species. *Fish and Fisheries*, 21(6), 1150–1174. https://doi.org/10.1111/faf.12495

Ren, S., Mather, P. B., Prentis, P., Li, Y., Tang, B., & Hurwood, D. A. (2020). Quantitative genetic assessment of female reproductive traits in a domesticated Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) line in China. *Scientific Reports*, 10(1). https://doi.org/10.1038/s41598-020-64597-x

Tan, J., Kong, J., Cao, B., Luo, K., Liu, N., Meng, X., Xu, S., Guo, Z., Chen, G., & Luan, S. (2017). Genetic parameter estimation of reproductive traits of *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Ocean University of China*, 16(1), 161–167. https://doi.org/10.1007/s11802-017-3127-9

ESTUDIO PRELIMINAR EN LA CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO DEL ESPERMA DE AJOLOTE *AMBYSTOMA SPP*: EVALUACIÓN DE MORFOLOGÍA POST-DESCONGELACIÓN

Galilea de Jesús Fonseca-González[1*], Horacio Álvarez-Gallardo[1], David Urbán-Duarte[1]

[1]Centro Nacional de Recursos Genéticos, INIFAP.

*Autor para correspondencia: fonseca.galilea@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ajolote, germoplasma, criopreservación

INTRODUCCIÓN

En México existen diferentes especies acuáticas de importancia alimentaria, ambiental o cultural. La conservación del germoplasma de especies en riesgo representa una estrategia para preservar la diversidad genética. Tal es el caso del ajolote, una especie endémica de gran importancia cultural para el país (SEMARNAT, 2018), donde se distribuyen 16 especies endémicas, de las cuales 15 se encuentran catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, especies como *Ambystoma mexicanum, A. dumerilii y A. andersoni* se encuentran clasificadas en estatus de peligro crítico dentro de la lista roja de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (IUCN, 2020). La criopreservación de germoplasma permite conservar a largo plazo el material biológico manteniendo su viabilidad celular. No obstante, los protocolos de criopreservación son especie-especifico, por lo tanto, es necesario desarrollar protocolos según la especie e incluso según la célula a conservar. El efecto de la criopreservación puede tener efectos negativos en la motilidad, integridad de membrana, daño al ADN, daños morfológicos y disminuir la capacidad de fertilización. La morfología espermática es un indicador clave de la calidad celular y puede reflejar daños estructurales inducidos por el proceso de congelación o descongelación. Sin embargo, para el caso del ajolote existe escasa investigación respecto a su conservación ex situ in vitro y a la morfología de sus gametos. Este trabajo pretende presentar los avances obtenidos en pruebas preliminares para evaluar la morfología del esperma post-descongelado de *Ambystoma spp*. mediante diferentes métodos de tinción e identificar anormalidades asociadas al proceso de criopreservación, de esta manera contribuir a desarrollar un protocolo de conservación a largo plazo de esperma de ajolote.

MATERIALES Y MÉTODOS (INCLUIR DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS)

Se utilizaron 5 machos adultos de ajolote *Ambystoma mexicanum, A. dumerilii* y *A. andersoni,* provenientes de una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) en Guadalajara, Jalisco. El personal de la UMA proporcionó el apoyo para el manejo de los ejemplares, así como el apoyo técnico durante la colecta de las muestras de esperma. Los organismos fueron mantenidos bajo condiciones controladas de temperatura, fotoperiodo y alimentación de acuerdo a las recomendaciones de la unidad.

Los ejemplares de ajolote fueron anestesiados, una vez que perdieron el reflejo de enderezamiento se sacaron del agua, se limpió el área abdominal y se realizó un masaje con presión suave en el área de la cloaca. Las muestras de esperma fueron recolectadas con micropipeta, almacenadas en microtubos de 1.5 mL y diluidas 1:1 en Solución Salina Balanceada de Hanks (SSBH: NaCl 5.36 g/L; $CaCl_2 \bullet 2H_2O$ 0.11 g/L; KCl 0.27 g/L; $MgSO_4 \bullet 7H_2O$ 0.13 g/L; KH_2PO_4 0.04 g/L; Na_2HPO_4 0.04 g/L; Glucosa 0.67 g/L; $NaHCO_3$ 0.23 g/L). El protocolo de congelación fue basado en el método de Coxe et al., 2024 con modificaciones realizadas. Las muestras se mezclaron 1:1 los crioprotectores de dimetilsufoxido (DMSO) y dimetilformamida (DMFA) al 5% o 10% concentración final y cargadas en pajillas de 250 µL. Se realizó una

incubación durante 10 minutos a temperatura ambiente, y posteriormente se almacenaron criotanques con nitrógeno líquido a -196ºC. Las muestras fueron descongeladas en baño maría a 25ºC por 15 segundos.

Tras la descongelación, se evaluaron las muestras con las tinciones de eosina-nigrosina, rosa de bengala, diff quick y azul de toluidina. En un portaobjetos se colocaron 5 µL de esperma y 5 µL de rosa de bengala o 1 µL de eosina-nigrosina y se cubrió con un cubreobjetos. Asimismo, se realizaron frotis de la muestra con cada tinción. La tinción con diff quick se realizó siguiendo las indicaciones del kit. Mientras que la tinción de azul de toluidina se realizó mediante un frotis de 5 µL de esperma, se dejó secar en placa térmica a 37ºC. Brevemente se sumergió el portaobjetos en azul de toluidina, se dejó escurrir verticalmente y se sumergió en agua destilada para quitar el exceso de tinte. Las muestras se observaron bajo microscopio a 40X y se registró la presencia de anormalidades morfológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tinción que mostro mejor definición de estructuras fue rosa de bengala, el resto de las tinciones presentaban exceso de residuos que dificultaban la visualización adecuada de la estructura celular. Las anormalidades que se observaron fueron desprendimiento entre el flagelo y la cabeza del espermatozoide (figura 1;A), desprendimiento parcial y total de la membrana ondulatoria (figura 1;C), flagelo cortado, doblamiento y nudos en el flagelo. Mientras que algunos daños observados en la cabeza del espermatozoide fueron doblamiento en forma de “L” (figura 1;B) o doblamiento sobre la cabeza misma (figura 1;D).

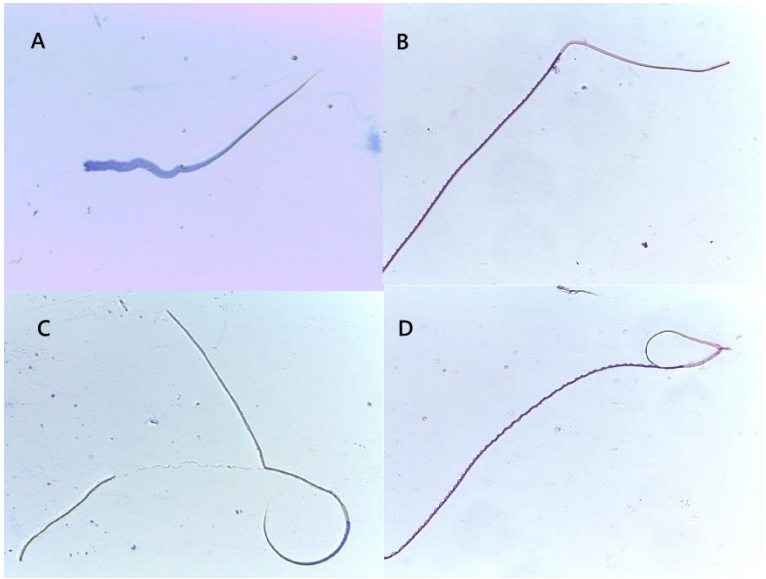
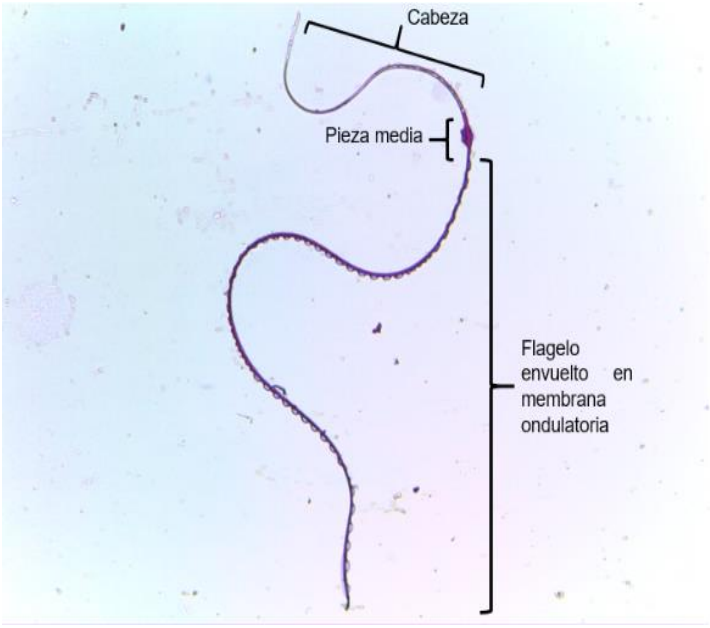


Figura 1: Anormalidades morfológicas observadas en el esperma post-descongelado de ajolote. A) Desprendimiento total de la cabeza y flagelo. B) Doblamiento en forma de “L” en la cabeza. C) Desprendimiento de la membrana ondulatoria y flagelo cortado. D) Doblamiento de la cabeza sobre sí misma.

El espermatozoide del ajolote está compuesto por cabeza, pieza media y flagelo, este último envuelto en una membrana ondulatoria (figura 2). Aunque, no se conoce la función específica de la membrana ondulatoria se cree que podría estar relacionada al movimiento del espermatozoide. En las evaluaciones realizadas en este estudio, aunque no se analizó el porcentaje de motilidad, esta fue observada en el espermatozoide en fresco, donde se pudo observar que el espermatozoide se mueve en espiral, a diferencia de otras especies donde el espermatozoide se mueve en un nado hacia adelante.



Por otro lado, de acuerdo a otros análisis morfológicos (Keskin et al., 2021) se sabe que la membrana ondulatoria envuelve a todo el flagelo, sin embargo, en algunas de nuestras fotografías pareciera que la membrana se extiende hasta la cabeza. Los resultados obtenidos indican que rosa de bengala es la tinción adecuada para estudios morfológicos del esperma de ajolote, sin embargo, eosina-nigrosina también mostró resultados favorables donde es posible definir la estructura celular adecuadamente. Aunque no existe información acerca de los daños en el esperma de ajolote, las anormalidades encontradas son consistentes como daños típicos por el estrés osmótico al ser sometidos a procesos de congelamiento y descongelamiento que se han observado en esperma de otras especies acuáticas como *Crassostrea angulara* (Kuo y Gwo, 2022).

Figura 2: Morfología normal de un espermatozoide de ajolote

CONCLUSIÓN

Este trabajo se presentan los avances obtenidos en el estudio y preservación del germoplasma de tres especies diferentes de ajolote (*Ambystoma spp.),* con el objetivo de contribuir a su conservación a largo plazo. En este estudio se logró identificar una tinción eficaz para visualizar y evaluar la morfología del espermatozoide post criopreservación del ajolote, lo cual permitió observar detalladamente la estructura celular y detectar anormalidades asociadas al proceso de criopreservación. Los resultados obtenidos en este estudio preliminar ofrecen una base metodológica útil para futuros estudios en conservación a largo plazo del esperma de diferentes especies de ajolote. Mediante técnicas especializadas de recolección, caracterización y almacenamiento, se busca establecer una base biotecnológica que permita la protección y recuperación de estas especies amenazadas y emblemáticas de los ecosistemas acuáticos de México como lo es el ajolote.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

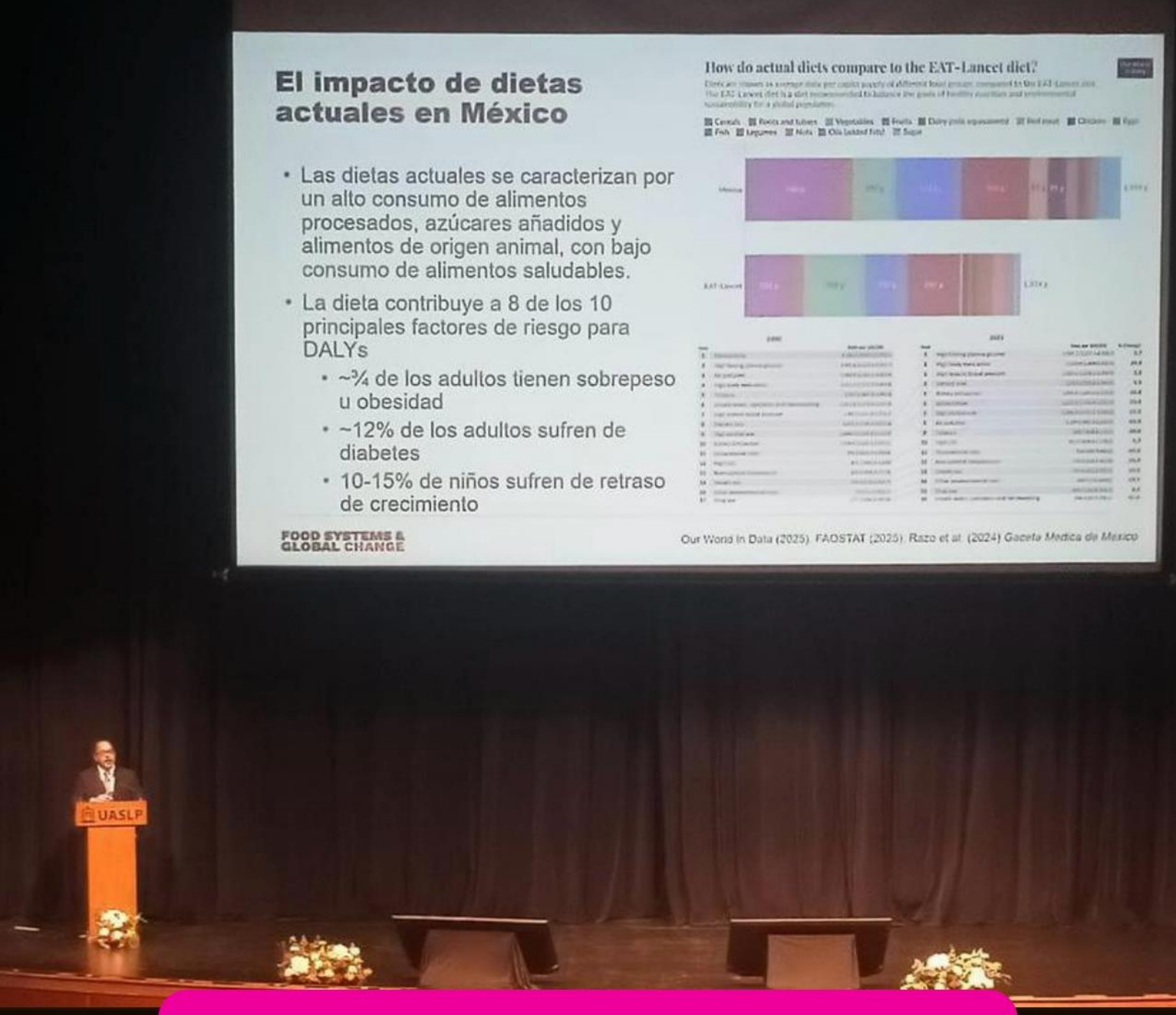
Coxe, N., Liu, Y., Arregui, L., Upton, R., Bodenstein, S., Voss, S.R., Gutierrez-Wing, M.T., & Tiersch, T. R. (2024). Establishment of a practical sperm cryopreservation pathway for the axolotl (Ambystoma mexicanum): a community-level approach to germplasm repository development. *Animals*, *14*(2), 206. https://doi.org/10.3390/ani14020206

IUCN. (2020). Ambystoma mexicanum. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T1095A53947343. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T1095A53947343.en

Keskin, İ., Gürgen, D., Avinca, D., Özdemir, E., Keskin, S., & Karabulut, S. (2021). Detailed morphological analysis of axolotl sperm. *Korean Journal of Veterinary Research*, *61*(3).

Kuo, T.Y. y Gwo, J.C. (2022). Quality assessment of cryopreserved Portuguese oyster (Crassostrea angulata) sperm through ultrastructural and flow cytometry analysis. Cryobiology 104, 79-86. Doi: 10.1016/j.cryobiol.2021.09.005

SEMARNAT. (2018). Programa de acción para la conservación de las especies: Ambystoma spp.



CONFERENCIA Y SIMPOSIOS

60ª | Reunión científica
2025 • SAN LUIS POTOSÍ

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

Conferencia Magistral y Simposios

COORDINADORA

Dra. Edith Rojas Anaya

Conferencia Magistral

PhD. Daniel Mason-D'Croz

Centro Cornell Atkinson para la Sostenibilidad

SISTEMAS ALIMENTARIOS, LA SALUD PÚBLICA Y LA SALUD PLANETARIA: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

Simposio Nacional

Dra. Elizabeth Pérez Ruíz - Moderadora INIFAP

EL PAPEL DE LA MUJER INDÍGENA EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

MUJERES INDÍGENAS Y APICULTURA: UNA ALIANZA SOSTENIBLE CON EL PLANETA **Dra. María Elvira González Anchondo** Universidad Autónoma de Chihuahua	**MUJERES INDÍGENAS: CUSTODIAS DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA DIVERSIDAD AGRÍCOLA** **Dr. Edgardo Bautista Ramírez** INIFAP	**TRAS LA RUTA FORESTAL DEL MICELIO. EL CAMINAR DE MUJERES INDÍGENAS** **Dra. Emma Estrada Martínez** Universidad Autónoma Chapingo **M. C. Laura Patricia Casimiro Hermenegildo** Red LDPBC

Simposio Local

Dra. Gabriela Palestino Escobedo- Moderadora UASP

MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES CON ENFOQUE DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

ATENCIÓN DE LA CRISIS HÍDRICA: VISIÓN INTEGRAL, INTERINSTITUCIONAL, MULTIDISCIPLINARIA, E INCLUYENTE **Dra. Catalina Alfaro de la Torre** Universidad Autónoma de San Luis Potosí	**SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES BAJO EL CONCEPTO DE MICROCUENCA** **Dra. Catarina Loredo Osti** Universidad Autónoma de San Luis Potosí	**LANZAMIENTO NACIONAL DE LA PLATAFORMA ACUAC: APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA EL ANÁLISIS Y USO DEL AGUA EN CUENCAS** **Dr. Ignacio Sánchez Cohen** INIFAP

SISTEMAS ALIMENTARIOS, LA SALUD PÚBLICA Y LA SALUD PLANETARIA: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS

DANIEL MASON-D'CROZ[1,2*]

[1]Department of Global Development, Cornell University; [2]AEP Group, Wageningen University and Research

Palabras claves: Sistemas alimentarios, sostenibilidad, dietas saludables

Introducción

Llevamos 25 años desde que empezó el siglo XXI y es un momento oportuno para evaluar el progreso hacia los objetivos ambientales, de salud y socioeconómicos sugeridos en los acuerdos globales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Acuerdo de París, y el Marco Global de Biodiversidad de Kunming-Montreal.

Desde 1960, la población global se ha más que duplicado mientras el desarrollo económico ha expandido la economía global más de 700%, reduciendo sustancialmente la pobreza. Los sistemas agroalimentarios han mantenido el ritmo del crecimiento poblacional y la desnutrición ha disminuido. Sin embargo, más de la mitad de la población mundial lucha por acceder a dietas saludables, mientras aumenta el sobreconsumo de alimentos procesados y la prevalencia de sobrepeso y obesidad. Las dietas mal equilibradas son ahora la fuente más grande de riesgo de enfermedades no comunicables y muertes prematuras mundialmente (Willett *et al*., 2019).

Esta expansión económica ha venido con costos ambientales significativos. Ya se han transgredido 6 de 9 Límites Planetarios, con los sistemas agroalimentarios como principal impulsor de 5 límites transgredidos (Richardson *et al*., 2023). Los sistemas agroalimentarios contribuyen 20-37% de emisiones de gases de efecto invernadero, representan 70% del uso de agua dulce, son el principal usuario de tierra arable y la principal causa de pérdida de biodiversidad.

Las proyecciones sugieren +2°C para mediados de siglo y +2.5°C para 2100, con cambios en precipitación y eventos extremos más frecuentes. Los objetivos de cero emisiones netas necesarias para limitar el aumento de temperatura global a 1.5C, no se podrán alcanzar sin limitar en el futuro la expansión agrícola y reducir emisiones agrícolas (Mbow *et al*., 2023).

Mientras los desafíos para lograr sistemas agroalimentarios sostenibles son significativos, hay soluciones al alcance que podrían contribuir a una transformación de estos sistemas y contribuir a un futuro más sostenible y saludable (Herrero *et al*., 2020). El gran reto de este siglo será ver si se puede implementar estas soluciones de manera estratégica para mitigar potenciales consecuencias negativas y asegurar que la transformación de sistemas alimentarios sea más justo que anteriores transformaciones.

Materiales y métodos

Esta presentación se basó en una síntesis de literatura científica reciente, informada principalmente por varios reportes internacionales del IPCC y IPBES, el reporte de la Comisión EAT-Lancet, y estudios de modelaje de los impactos del cambio climático sobre el sector agrícola. Para México se utilizaron data de FAOSTAT y estadísticas nacionales.

Resultados y discusión

Los sistemas agroalimentarios ejercen presión sin precedentes sobre múltiples límites planetarios, con México presentando un caso emblemático de los desafíos contemporáneos enfrentando esfuerzos de lograr transformaciones sustentables.

En el contexto mexicano, los sistemas agroalimentarios presentan una doble carga tanto para la salud humana como planetaria. El análisis nutricional revela una transición dietética problemática caracterizada por alto consumo de alimentos procesados, azúcares añadidos y alimentos de origen animal, con bajo

consumo de legumbres, nueces, frutas y verduras. Esta transición tiene consecuencias severas: tres cuartas partes de los adultos mexicanos tienen sobrepeso u obesidad, 12% sufren diabetes, las dietas pobres contribuyen a 8 de los 10 principales factores de riesgo para DALYs, y persiste desnutrición infantil con retraso del crecimiento entre 10-15% (Razo *et al*., 2023).

Desde la perspectiva de salud planetaria, México contribuye sustancialmente a emisiones globales de gases de efecto invernadero, experimenta alta presión sobre recursos hídricos (especialmente en regiones áridas del norte), y enfrenta pérdida acelerada de biodiversidad. Los patrones dietéticos hacia mayor consumo de productos de origen animal intensifican la huella ambiental del sistema alimentario nacional.

Los impactos del cambio climático muestran múltiples vías de afectación. Temperaturas extremas ya son una amenaza a la población mexicana, en particular los que trabajan en el sector agrícola. Proyecciones sugiere que el riesgo de escasez hídrica se podrá aumentar en regiones de agricultura de secano, particularmente en regiones del norte de México. Futuros más calientes y secos podrían tener impactos negativos hacia la productividad agrícola con pérdidas de 20 a 30 por ciento proyectado hacia mediados de siglo. Reducciones en productividad llevaría a aumentos en precios de alimentos, reducciones en la disponibilidad de comida y un incremento en el riesgo de hambre (Mbow *et al*., 2023). Estas proyecciones por un lado podrían ser muy pesimistas, ya que no incluyen procesos de adaptación como nuevas variedades de cultivos, y tecnologías agrícolas. Sin embargo, no incluyen los posibles impactos de cambios de la distribución de pestes y plagas, que ya están teniendo impactos fuertes en varios cultivos como el café.

Los eventos climáticos extremos tienen impactos crecientes económicos y de infraestructura, con costos que aumentan exponencialmente debido a mayor exposición de capital construido. La impredecibilidad climática desafiará redes de energía y transporte, como evidencia la operación reducida del Canal de Panamá por sequía, y requerirá mayor inventario y abastecimiento diversificado.

Conclusiones

Los sistemas alimentarios globales se encuentran en una encrucijada crítica. Aunque existe soluciones para reducir impactos ambientales mediante mejores prácticas e innovaciones emergentes, los múltiples objetivos ambientales, económicos y de salud implican inevitablemente que habrá compensaciones entre estos objetivos.

El crecimiento de la productividad agrícola es fundamental, pero no es suficiente si no se acopla con reducciones en el uso de recursos naturales. Históricamente, la intensificación agrícola ha contribuido a varios impactos ambientales negativos (ej. emisiones, contaminación de suelos y agua). En el futuro se necesitará tecnologías para promover agricultura de precisión, y donde es aplicable adaptar soluciones basadas en la naturaleza (ej. agroforestería, reforestación, etc.) (Herrero *et al*., 2020).

Las tendencias actuales de demanda hacia alimentos más intensivos en recursos harán más difícil satisfacer la demanda alimentaria futura mientras se logran objetivos ambientales. Las dietas actuales también contribuyen a muchos impactos negativos a la salud pública. Adoptando dietas más sanas, como las sugerido por EAT-Lancet podría mejorar resultados de salud a la vez que podría reducir presiones ambientales (Willett *et al*., 2019).

La adaptación exitosa requerirá enfoques integrados que combinen mejoras tecnológicas, cambios en políticas alimentarias, transformaciones en patrones de consumo, y fortalecimiento de la resiliencia de sistemas socio-ecológicos. Es crucial desarrollar vías y estrategias que reconozcan las compensaciones inevitables mientras movilizan acción colectiva hacia sistemas alimentarios más sostenibles y equitativos (Willett *et al*., 2019; Herrero *et al*., 2020).

Agradecimientos y fuentes financiadoras

Quisiera agradecer el financiamiento del Wellcome Trust y de la Fundación Bill & Melinda Gates. Adicionalmente, deseo reconocer el apoyo del Centro Cornell Atkinson para la Sostenibilidad.

Literatura citada

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., et al. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet, 393*(10170), 447–492. Retrieved from https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673618317884.

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., et al. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances, 9*(37), eadh2458. https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458.

Mbow, C., Rosenzweig, C., et al. (2019). Chapter 5: Food security. In *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [Internet]. Retrieved July 25, 2023, from https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/chapter-5/.

Herrero, M., Thornton, P. K., Mason-D'Croz, D., Palmer, J., Benton, T. G., Bodirsky, B. L., et al. (2020). Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system. *Nature Food, 1*(5), 266–272. https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1.

Razo, C., Morales-Juárez, L., Cagney, J., Ríos-Blancas, M. J., & Montoya, A. (2023). The burden attributable to risk factors in Mexico, 1990–2021: Summary of the findings from the Global Burden of Disease 2021 study. *Gaceta Médica de México, 159*(6), 523–531.

MUJERES INDÍGENAS: CUSTODIAS DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA DIVERSIDAD AGRÍCOLA

Edgardo Bautista-Ramírez

Campo Experimental Centro Altos de Jalisco-INIFAP. Carretera Tepatitlán-Lagos de Moreno km 8, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. CP. 47600.

*Autor para correspondencia: bautista.edgardo@inifap.gob.mx

Palabra clave: conservación, aprovechamiento, resiliencia

Introducción

Existe una teoría que dice que la mujer fue la que inventó la agricultura, esta teoría es apoyada por un sinfín de evidencias y las que faltan por demostrar. Por lo que es necesario trabajar con las guardianas del conocimiento sobre el aprovechamiento de la diversidad biológica. En este sentido. La Etnobotánica, es una herramienta importante, ya que se encarga de estudiar las interrelaciones que existen entre los grupos humanos y la diversidad biológica a través del tiempo y en diferentes ambientes (Barrera, 1982); cuya pregunta principal es ¿para qué sirve esta planta? Entonces dentro de una comunidad de estudio, ¿quién es la persona más indicada para contestarla? La respuesta es simple, a la mujer. Por lo que aprovechamos este espacio para rendir tributo a esas mujeres que en muchas ocasiones fueron o siguen siendo ridiculizadas, pues para muchos es divertido escuchar hablar español a personas cuya principal forma de comunicación es su dialecto.

En la narrativa del presente escrito dividiremos la experiencia de trabajar con mujeres indígenas en tres partes. La primera, la exploración etnobotánica en *Jatropha curcas* L., la segunda la adquirida con un grupo de mujeres indígenas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y la tercera, en la consolidación de un Banco Comunitario de Semillas "*XIRANKUA KA ANTARAKUA*" en la Meseta Purépecha de Michoacán.

Resultados y discusión

La exploración etnobotánica debe ser un proceso dialéctico (Hernández, 1985), actividad que resulta sencillo cuando eres parte de la comunidad, ya que la confrontación de ideas y las resoluciones se hace en torno a una misma cosmovisión. En la exploración etnobotánica sobre *Jatropha curcas*, de 2007 a 2009 en el Totonacapán, la información proporcionada por las mujeres indígenas totonacas fue clave para demostrar que existen ecotipos no tóxicos de *Jatropha curcas* que se pueden aprovechar en la alimentación. Además, con ese intercambio de conocimientos y con ayuda de mujeres indígenas totonacas fue posible realizar el Recetario del piñón mexicano (Figura 1).

Hasta antes del intercambio de conocimientos con las mujeres totonacas, las líneas de investigación en *J. curcas* se enfocaban en la extracción de aceite para la obtención de bioetanol. Sin embargo, con el conocimiento proporcionado por ellas, la visión cambió, pues ahora se buscaría aprovechar la calidad proteica en alimentos procesados. Este es solo un ejemplo del conocimiento que tienen las mujeres indígenas de México. Por lo que es necesario, dedicar tiempo y esfuerzo en la documentación, sistematización y la divulgación del conocimiento en torno a las especies y el modo en que se puede aprovechar basado en las experiencias de las mujeres a las que hemos denominado "guardianas del conocimiento".



Figura 1. Paxnikaka con piñón (Fuente: Córdova-Téllez et al., 2015)

Por otra parte, en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), uno de los últimos bastiones de la raza de maíz Reventador, las mujeres estiman a la vista cuanta cal usaran para la nixtamalización de dicho maíz, ya que un poco más o menos puede repercutir en la calidad de la tortilla a obtener, además de que tan martajada deberá estar la masa para la elaboración de la tortilla (Figura 2). Para agregar la cal, las mujeres indígenas de la RBSM consideran variables que van desde el tiempo de almacenamiento de la semilla, secado, calidad de la cal, entre muchos factores, que simplemente no pueden terminar de explicar, este mismo caso sucede para el proceso de martajar la masa en el metate. Pero, de no ser por este conocimiento acumulado es posible que la raza ya hubiera desaparecido, ya que de acuerdo con Valdez-Reyes et al (2022) la aceptabilidad de las tortillas hechas con maíz de la raza Reventador disminuye cuando estas son elaboradas bajo un proceso estandarizado de nixtamalización.



Figura 2. Elaboración de tortillas en la comunidad de Ayotitlán para fines de evaluación de aceptabilidad.

De acuerdo con diversas fuentes un Banco Comunitario de Semillas (BCS) no solo es para la conservación, debe ser además un centro de intercambio de conocimientos, experiencias entre muchas otras cosas. Por lo que la participación de la mujer indígena no debe ser solo una situación efímera y sin relevancia. En este sentido, el BCS "*XIRANKUA KA ANTARAKUA*" el comité estará constituida en su mayoría por mujeres

purépechas, por lo que serán ellas pieza fundamental en el rumbo que el Banco tendrá. Sin embargo, no se pasará por alto las experiencias tenidas con las comunidades indígenas totonacas y nahuas, específicamente con el conocimiento que ellas tienen.

Conclusiones

En un país como México, el futuro no puede ser escrito sin la intervención y aportación de los pueblos indígenas específicamente de sus mujeres, quienes son herederas de un conocimiento invaluable y que perdemos cada vez más por el descuido histórico que hemos tenido hacia lo que en verdad es un grupo vulnerable.

Literatura citada

Barrera, A. (Ed.). (1982). *La etnobotánica: Tres puntos de vista y una perspectiva*. Xalapa, México: INIREB A.C.

Bárcena, A. (Ed.). (n.d.). *Memorias del Simposio de Etnobotánica*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Hernández, X. E. (1985). Exploración etnobotánica y su metodología. En *Geografía agrícola* (Tomo I, pp. 163–188). Universidad Autónoma de Chapingo.

Córdova Téllez, L., Sánchez-Sánchez, O., Martínez-Herrera, J., & Bautista Ramírez, E. (2015). *Recetario del piñón mexicano (Jatropha curcas L.)*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Valdez-Reyes, D. L., Salinas-Moreno, Y., Bautista-Ramírez, E., Severiano-Pérez, P., & Vega-Loera, M. A. (2022). Calidad y aceptación de tortillas de maíces de la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (27), 81–85.

TRAS LA RUTA FORESTAL DEL MICELIO. EL CAMINAR DE MUJERES INDÍGENAS

Emma Estrada Martínez[1], Laura Patricia Casimiro Hermenegildo[2], Álvaro René Sepúlveda Varón[2,3]

1.Universidad Autónoma Chapingo. 2.Red Latinoamericana por la Defensa del Patrimonio Biocultural. 3.Sociedad Colombiana de Etnobiología.

Autor de correspondencia: emmaestradam@gmail.com

Palabras clave: Etnomicología forestal, conocimiento etnomicológico femenino, hongos comestibles silvestres.

Introducción

No se puede concebir la existencia de los bosques sin la presencia de los hongos. Desde hace años es conocido el papel de los hongos saprofitos en la descomposición y reciclaje de los nutrientes de los suelos forestales (Domínguez, 2024). Actualmente se considera que los hongos pueden utilizar la mayoría del material orgánico como la lignina, celulosa y polisacáridos que se han derivado de los residuos que van liberando los bosques.

La importancia de los hongos en los bosques, además, está dada por su asociación tanto ectomicorrízica como endomicorrízicamente, por la que las hifas fúngicas que la constituyen, se asocian a las raíces de plantas. Las hifas se ramifican y se interconectan en forma subterránea generando una red micelial por la que se comparten recursos, desde los árboles más longevos y fuertes a los más jóvenes en los bosques, y se generan alertas y colaboración entre tales árboles, formando lo que ahora se ha llamado la 'Wood Wide Web'. Particularmente estos hongos, en los bosques templados de coníferas, constituyen las ectomicorrizas por las cuales se genera un manto micelial externo a las raíces de las plantas que se prolonga en cordoncillos más allá de las raíces brindándoles a éstas mayor extensión de cobertura de absorción de nutrientes y más efectividad (Fransen, 2024).

Una vertiente importante de la relación entre hongos, bosques y comunidades poblacionales es comprendida dentro del campo de la Etnomicología, definida entre otras acepciones como: "el área de la Etnobiología orientada a estudiar el saber tradicional y manifestaciones e implicaciones culturales ambientales derivadas de las relaciones entre los hongos y el hombre a través del tiempo y el espacio" (Moreno Fuentes *et. al*., 2001). Dentro de esta definición, el papel de las mujeres en bosques templados de México ha sido fundamental para la conservación, manejo y herencia biocultural micológica, lo cual cobra gran importancia ya que México se ubica actualmente como el segundo país, después de China, con mayor conocimiento y consumo de hongos silvestres, con más de 400 especies registradas. Cabe mencionar que México ha sido pionero en estudios etnomicológicos con más de 70 años de historia, fundamentado en la gran diversidad micocultural y fúngica con las que cuenta nuestro territorio. De acuerdo con diversos autores, algunos de los principales géneros y especies de hongos comestibles silvestres (HCS) aprovechados en los bosques de clima templado de México son: *Agaricus* spp., *Amanita* spp., *Boletus* spp., *Hebeloma* sp., *Helvella* spp., *Hypomyces* spp., *Infundibulicybe* spp., *Laccaria* spp., *Lactarius* spp., *Lycoperdon* spp., *Lyophyllum decastes*, *Morchella* spp., *Ramaria* spp., *Russula* spp., *Suillus* spp. y *Turbinellus* spp., entre otros.

Derivado de lo anterior el objetivo de este trabajo es definir con base en experiencias de los autores con hongueras y hongueros de diversas localidades y estudios micoculturales, la importancia del aporte

femenino de mujeres indígenas y mestizas, a través de una ciencia tradicional heredada secularmente, en algunas localidades de México.

Metodología

Como fundamento de este trabajo se han realizado: investigación bibliográfica micocultural; tres foros nacionales en México de hongueras y hongueras en los que se estableció un intercambio de saberes etnomicológicos con la finalidad de contar con testimonios de problemáticas, actividades y reflexiones en torno al conocimiento y manejo comunitarios de los hongos comestibles silvestres; trabajo etnomicológico al lado de recolectoras tradicionales de hongos en la Sierra Nevada y en Huixquilucan, estado de México, identificando el papel de las mujeres en la recolecta, preparación culinaria y comercialización de hongos, entre otros aspectos; y asistido a ferias de hongos organizadas por comunidades indígenas, en las que los miembros de la comunidad y en particular, las mujeres son esenciales en su desarrollo.

Resultados

Se organizaron tres Foros Nacionales de Hongueros en los años 2010, 2012 y 2014. El primero coordinado por la División de Ciencias Forestales (DiCiFo), en la Universidad Autónoma Chapingo, el segundo realizado en Guelatao de Juárez, Oaxaca coordinado por el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y el tercero nuevamente por la DiCiFo y el Colegio de Postgraduados. En ellos se definieron las principales problemáticas que enfrentan hongueros y hongueras. Particularmente en el Segundo Foro Nacional, se elaboró la Declaración de Guelatao 2012 en donde principalmente las mujeres, dieron a conocer la importancia de la organización comunitaria, los intereses particulares mercantiles por los que se provoca una gran deforestación en los bosques de México, el valor del patrimonio biocultural que constituyen los saberes tradicionales micológicos; la violencia hacia las mujeres durante las recolectas; la importancia de un diálogo respetuoso entre academia y comunidades; y la necesidad de una protección legal adecuada para limitar la vulnerabilidad en el campo.

En el tercer foro se instruyó a través de talleres, apoyándose en la infraestructura de la Universidad Autónoma Chapingo, sobre el secado y la elaboración de conservas de hongos. Tal capacitación ha sido la base para el desarrollo de ferias de hongos como parte de una actividad micoturística, principalmente en manos de mujeres de comunidades, tanto en Cuajimoloyas, Oaxaca, como en San Juan Atzingo, municipio de Ocuilan en el Estado de México.

Del trabajo realizado en la Sierra Nevada (Estrada Martínez, 2011), se definió el preponderante papel de la mujer en la recolecta de hongos, la preparación culinaria diversa y la comercialización directa, en diez comunidades ubicadas a pie de monte, así como la venta de hongos en cuatro mercados regionales del área: Chalco, Amecameca y Ecatzingo, en el Estado de México y San Martín Texmelucan en Puebla.

El municipio de Huixquilucan se localiza dentro de la Sierra de Las Cruces, que limita al Valle de México en su porción sur occidental y se caracteriza por sus montañas, cerros, y canteras, cuyos bosques de coníferas están representados por *Abies religiosa*, *Pinus* spp., *Quercus* spp., *Alnus acuminata* y zonas de pastizales. Las principales especies de importancia cultural de HCS asociadas con el bosque en Huixquilucan son: *Boletus* spp.; *Russula* spp.; *Lactarius* spp.; *Helvella* spp.; *Morchella* spp., entre otras especies. Las mujeres tienen un papel muy importante en la recolección de estos ejemplares. La recolección de hongos es una actividad en donde se aprende y se transmiten los conocimientos de generación en generación. Otra actividad en donde las mujeres juegan un papel fundamental en esta localidad, es la preparación culinaria, ya que gracias a la gran diversidad de HCS y el conocimiento que tienen sobre estos organismos realizan diferentes platillos que son disfrutados y apreciados en cada

temporada de lluvia. Ellas han desarrollado diferentes formas para preservar algunos HCS como el género *Helvella*, que son preservados en hilos colgantes en sus casas para su posterior consumo en épocas secas. Aunque en el municipio de Huixquilucan el consumo de HCS es para autoconsumo, pocas personas suelen comercializarlos. Lo anterior puede deberse a la disponibilidad o porque prefieren compartirlos con la familia.

Conclusiones

El papel de las mujeres indígenas y mestizas en la conservación y defensa micocultural es fundamental, particularmente en México, que ocupa el segundo lugar mundial en el conocimiento tradicional de hongos comestibles silvestres, lo que repercute en seguridad alimentaria, cohesión social y familiar, en muchos casos aporte importante al ingreso familiar y fundamentación identitaria dentro de las comunidades rurales con bosques templados en distintos lugares del país. Falta realizar más estudios etnomicológicos sobre HCS en otros países de América Latina.

Literatura citada

Domínguez, C. (2024). Los hongos son la clave para la salud de los bosques: además de un recurso gastronómico muy apreciado, las setas resultan fundamentales para preservar la diversidad de los ecosistemas. *Ethic*. https://ethic.es/2024/09/los-hongos-son-la-clave-para-la-salud-de-los-bosques/.

Estrada Martínez, E. (2011). Estudio etnomicológico de los hongos comestibles en la Sierra Nevada (Tesis doctoral). Universidad Autónoma Metropolitana.

Fransen, B. (2024). Entendiendo la Wood Wide Web. *EcoMatcher*. https://www.ecomatcher.com/understanding-the-wood-wide-web/.

Moreno Fuentes, A., Garibay Orijel, R., Tovar Velasco, J., & Cifuentes, J. (2001). Situación actual de la etnomicología en México y el mundo. En *Memorias del Primer Encuentro Nacional de Etnomicólogos* (Etnobiología, 1, pp. 75–84).

ATENCIÓN DE LA CRISIS HÍDRICA: VISIÓN INTEGRAL, INTERINSTITUCIONAL, MULTIDISCIPLINARIA, E INCLUYENTE

Ma. Catalina Alfaro-De la Torre*, Alma Gabriela Palestino Escobedo
Grupo Universitario del Agua, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
*Autor para correspondencia: alfaroca@uaslp.mx

Palabras clave. Disponibilidad, Abastecimiento de Agua, Derecho Humano al Agua

Introducción

El agua es un recurso vital para los seres humanos. Su disponibilidad en cantidad y calidad depende de varios factores entre ellos, la infraestructura de extracción, de suministro y de tratamiento, el estado de conservación de la misma y la eficiencia de los procesos de tratamiento de potabilización y saneamiento, esto en cuanto a los aspectos técnicos relacionados con el suministro de agua. Desde luego, la eficiencia del abastecimiento a la población se apoya en una buena gestión y administración del agua; en México, esencialmente el servicio a la población depende de la autoridad municipal (Art. 115 Constitucional) a través de organismos operadores y direcciones municipales mientras que para otros usos (agricultura, industria), las concesiones y la administración depende del gobierno federal en colaboración con el estado. El suministro de agua para todos los usos también depende de la disponibilidad en fuentes subterráneas o superficiales, que provean de agua en cantidad suficiente, lo que aunado a una buena conservación de las cuencas de las que se recargan los cuerpos de agua, permite asegurar que la extracción y la recarga sean equilibradas, entre otras condiciones. Las necesidades de los pueblos deben ser cubiertas con prioridad en el abastecimiento de agua, en calidad y calidad suficientes, a un costo razonable, para así lograr una adecuada cobertura tal y como lo mandata el Derecho Humano al Agua.

En el estado de San Luis Potosí, en materia de agua enfrentamos algunos retos particularmente en la Zona Metropolitana (ZMSLP) que involucra a 8 municipios de la Región Centro del estado, que comparten los mismos recursos de agua, particularmente los de agua subterránea. Desde los años 60, existe una declaratoria de veda para el acuífero de San Luis Potosí motivada por la sobre extracción y a pesar de ello, no se ha logrado el equilibrio entre la extracción y la recarga, por el contrario, la brecha se ha incrementado frente a un desarrollo urbano desordenado, el crecimiento industrial y la falta de supervisión en la extracción de agua concesionada. La inatención a estos problemas se ha hecho evidente frente a la crisis hídrica que se ha manifestado en períodos de sequía prolongados, así, en 2024 se llegó a considerar la declaratoria del “día cero”. Hay otros factores que confluyen y que agravan la crisis hídrica como la pérdida de agua por fugas en la red (~50 %), la falta de impulso a las acciones de reciclamiento y/o reúso, los problemas relativos a la calidad del agua que limitan el consumo humano, aunado a una deficiente administración. En la ZMSLP la crisis hídrica no se ha dado por la falta de lluvias sino por todos los factores mencionados y que limitan el acceso al agua sobre todo en el sector de la población más vulnerable.

El problema es complejo y se requiere: (a) del planteamiento de estrategias viables en el corto, mediano y largo plazo, (b) el involucramiento de especialistas de varias disciplinas del ámbito social y científico, (c) una profunda interacción con los tomadores de decisiones, y (e) el involucramiento de la población. Así el objetivo de este trabajo es el planteamiento de los temas prioritarios que, desde la Visión del Grupo Universitario del Agua, requieren atención prioritaria en el contexto de crisis hídrica que se presenta en la ZMSLP. El Grupo Universitario del Agua (GUA) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) es multidisciplinario y está conformado por investigadores especialistas en temas con el enfoque de salud, de gobernanza, de comunicación y difusión, hidrogeológico, de calidad y tratamiento de agua, de infraestructura hídrica, de conservación y restauración de ecosistemas, entre otros. Aunque el Consejo Directivo Universitario institucionalizó la conformación del GUA en junio de 2023, la institución ha realizado investigación científica en temas de agua desde hace 60 años lo que ha permitido tener un amplio conocimiento en el tema, en las diferentes regiones del estado incluyendo la ZMSLP.

Materiales y Métodos

En este trabajo se describen las propuestas del GUA-UASLP para la atención de la crisis hídrica que se presenta en la ZMSLP. La información completa de las mismas se puede consultar en https://www.uaslp.mx/agua/Paginas/Acciones/7653

Resultados y Discusión

En su inicio el GUA estableció como Eje Rector la propuesta de estrategias de gestión más sostenibles para garantizar el derecho humano al agua para la población del estado. En sus primeros planteamientos (2023 y 2025), se ha enfocado en la ZMSLP que involucra a 8 municipios de la Región Centro (Figura 1) debido a que ~50 % de la población del estado se asienta en la ZMSLP, así como el 90% de la industria, además, el 80 % de sus recursos provienen del agua subterránea y el 20 % de presas; en 2024 como consecuencia de una severa sequía, el suministro de agua para todos los usos dependió al 100 % del agua subterránea. La ZMSLP ha tenido un crecimiento significativo debido a su desarrollo industrial, atrayendo inversión y población, de forma tal que el organismo operador de agua (INTERAPAS) reporta un crecimiento de 2.5 % en el padrón de usuarios.

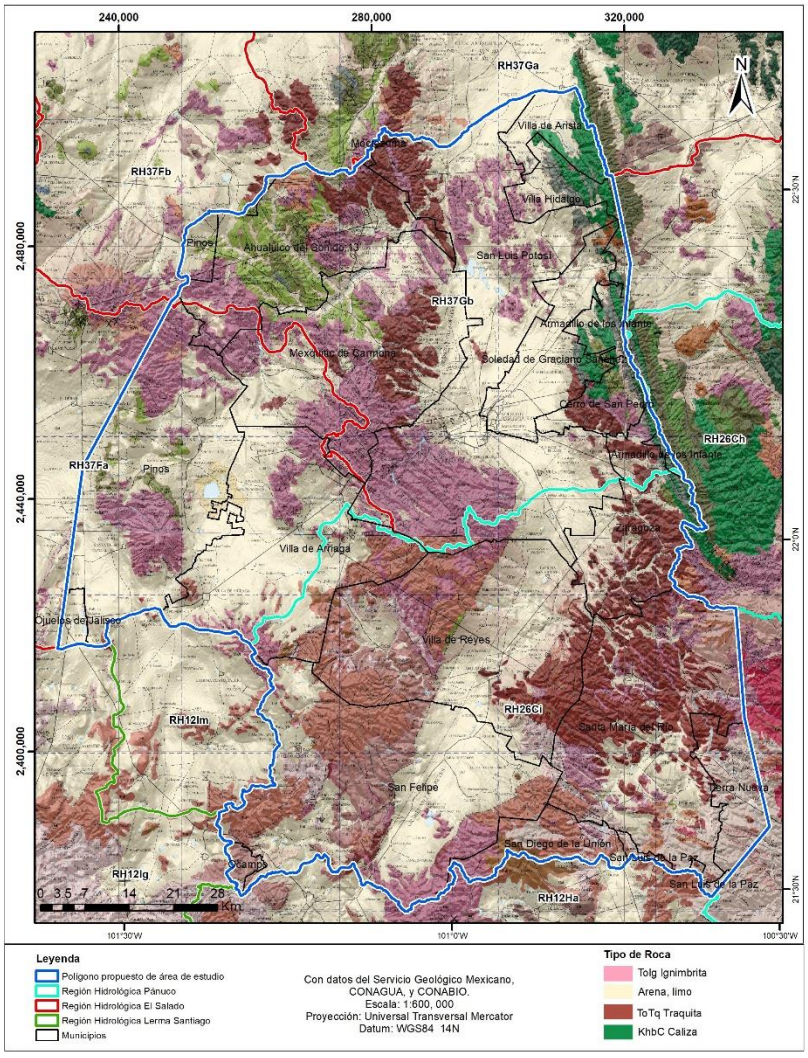


Figura 1. Delimitación de la Zona Metropolitana de la Región Centro de San Luis Potosí propuesta por el Grupo Universitario del Agua (2025).

La **crisis hídrica** que se presenta en el estado y en la ZMSLP se sustenta en que la demanda de agua supera la cantidad disponible la cual no solo depende de la cantidad de agua subterránea y superficial en los cuerpos de agua, sino también de su calidad. Los estudios de calidad de agua han reportado

concentraciones de fluoruros, arsénico, nitratos y microplásticos que limitan el uso del agua de los pozos, sin tratar, para consumo humano (Cardona *et al*., 2007; Torres-Rivera *et al*., 2023). Además, la disponibilidad depende de otros factores como la falta de una estrategia de sectorización de la ZMSLP que permita disminuir la pérdida de agua por fugas y la contaminación por colapsos del drenaje, limitadas acciones de reúso, y aún más limitadas acciones para incrementar la reserva de agua mediante la captación de agua y la conservación de suelos y vegetación en las microcuencas que inciden en la captación de agua para la ZMSLP. La crisis hídrica en la ZMSLP, no es reciente. Previamente se resaltó el decreto de veda (1962) para el acuífero de San Luis Potosí buscando disminuir la sobreextracción. Así mismo, la crisis se ha agravado por el crecimiento no regulado de la zona urbana inclusive en zonas altas consideradas importantes en la recarga del acuífero, lo que ha incrementado la magnitud de las inundaciones en las partes bajas, cuando llueve; toda esta agua se pierde o es subutilizada. La crisis hídrica de la ZMSLP conjunta así insuficiencia de agua para las necesidades de la población y sus actividades productivas, así como, deficiente infraestructura para la captación y distribución de agua e inadecuada gestión que en conjunto no garantizan el acceso al recurso en forma eficiente, equitativa y con calidad. Ante este escenario, el GUA ha planteado la atención a temas prioritarios con acciones en el corto (<2 años), mediano (3-5 años) y largo plazo (>5 años), comprometiendo contribuciones propias de la Institución en el desarrollo de trabajos de investigación para fortalecer con el conocimiento, la toma de decisiones. Los temas prioritarios son:

- Suministro mediante agua subterránea y fuentes superficiales – generar un modelo hidrogeológico actualizado de los sistemas de flujo del agua subterránea, el diagnóstico de las fuentes de agua superficiales y para la implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) como base para la toma de decisiones
- Infraestructura hidráulica para el suministro de agua y agua no contabilizada – impulsar la sectorización para disminuir las fugas en la red de distribución
- Calidad del agua y plantas potabilizadoras – tratamientos apropiados en base a la calidad de agua
- Tratamiento y reúso del agua residual – promover el reúso de agua residual tratada con énfasis en la agricultura y la industria mediante la integración de planes y propuestas factibles
- Salud y sindemia – los riesgos en salud por el consumo de agua contaminada y la exposición a otros contaminantes ambientales limita el cumplimiento de los derechos humanos y se deben investigar
- Gobernanza y civismo hídrico – incidencia en políticas públicas y en actividades formativas para la población a través de actividades de comunicación y difusión dirigidas
- Variabilidad y cambio climático, sequías – análisis de los riesgos y su efecto en la disponibilidad del agua
- Estrategias basadas en la naturaleza (SBN) para promover la infiltración y la recarga de acuíferos bajo el concepto de microcuenca – recuperar suelos, cobertura vegetal y captación de agua

Agradecimientos

Este documento resume las propuestas que han planteado los investigadores del Grupo Universitario del Agua de la UASLP en la integración de la Agenda Hídrica para la Sociedad Potosina presentada en mayo de 2025.

Literatura citada

Cardona-Benavides, A. (2007). *Hidrogeoquímica de sistemas de flujo regional, intermedio y local: resultado del marco geológico en la Mesa Central: reacciones, procesos y contaminación*. Instituto de Geofísica, UNAM.

Grupo Universitario del Agua. (2025, mayo). *Agenda hídrica de la zona metropolitana de San Luis Potosí. Región Centro*. San Luis Potosí, México: Dirección de Fomento Editorial y Publicaciones de la UASLP.

Torres-Rivera, S., Torres-Hernández, J. R., Carranco-Lozada, S. E., García-Arreola, M. E., López-Doncel, R. A., & Montenegro-Ríos, J. A. (2023). Anthropogenic contamination in the free aquifer of the San Luis Potosí Valley. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20*, 6152. https://doi.org/10.3390/ijerph20126152.

SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES BAJO EL CONCEPTO DE MICROCUENCA

Catarina Loredo Osti[1*], Sergio Beltrán López[2], Jorge Alonso Alcalá Jáuregui[1]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí;
[2] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CE San Luis

*Autor para correspondencia: catarina.loredo@uaslp.mx

Palabra clave: Cuenca, gestión del suelo y agua.

Introducción

El agua es un recurso natural básico indispensable para la vida; su gestión debe considerar la dinámica que existe entre los procesos de infiltración-escurrimiento-erosión en el marco del manejo sustentable de los recursos de las cuencas hidrológicas, así como su relación con el uso actual del suelo y su manejo por los habitantes de las microcuencas. El suelo es un recurso natural no renovable; es un cuerpo natural que consiste en capas u horizontes compuestos de material mineral meteorizado, materia orgánica, aire y agua. Es el producto final de la influencia del tiempo, el clima, topografía, organismos, sobre el material parental (FAO, 2024). Una de las funciones del suelo, es su papel en la regulación del ciclo hidrológico, específicamente en lo relacionado con el proceso de infiltración del agua y su movimiento de percolación en el perfil, hacia partes más profundas de la corteza terrestre. El agua que no se infiltra se mueve en la superficie por escurrimiento superficial y en la mayoría de los casos esa agua sale de la cuenca y se pierde en corrientes efímeras (Loredo *et al.*, 2007). Este escurrimiento arrastra una gran cantidad de suelo provocando el proceso de erosión hídrica.

La cuenca es un espacio físico del territorio delimitado por un parteaguas, en el cual concurren diversos factores ecológicos, climatológicos, hidrológicos, sociales, económicos, culturales, etc. que se interrelacionan entre sí (Loredo *et al*., 2007). Una microcuenca, si bien es parte de la cuenca, se considera la unidad de planeación de acciones, con la participación de instituciones y habitantes, con el objetivo de llevar a cabo acciones de manejo y conservación de recursos con énfasis en el ordenamiento territorial (CIAT, 1999). En la zona de escurrimiento de las microcuencas, existe deterioro ocasionado por la sobreutilización de los recursos que propician la degradación de la cubierta vegetal (especialmente por sobrepastoreo, deforestación y cambio de uso del suelo a uso urbano) lo cual modifica la capacidad de infiltración, incrementa la pérdida de agua por escurrimiento superficial y por ende la erosión del suelo (Loredo *et al*., 2007). El arrastre de suelo por erosión hídrica, además de reducir la productividad de las tierras, ocasiona problemas de azolve en las presas y obras de almacenamiento a donde llegan los escurrimientos.

En 2016, la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) definió a las soluciones basadas en la naturaleza (SBN) como "*acciones para proteger, gestionar de forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados; estas acciones abordan los desafíos sociales de forma eficaz y adaptativa, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios para la biodiversidad*". Los principales desafíos que abordan las SBN son la seguridad alimentaria, el cambio climático, la seguridad hídrica, la salud humana, el riesgo de desastres y el desarrollo social y económico. En este trabajo las SBN incluyen la recuperación de la vegetación a través del control de la carga animal en los pastizales y la reforestación. Actualmente, la crisis hídrica que afecta a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí (ZMSLP) representa uno de los mayores retos para la gestión de los recursos, específicamente los hídricos, con profundas implicaciones económicas, sociales y ambientales que demandan acciones inmediatas y coordinadas (Palestino *et al*., 2025). El objetivo de este trabajo es presentar los resultados de la aplicación de SBN tomando como base los resultados de acciones realizadas en una microcuenca cuyos escurrimientos superficiales confluyen a la ZMSLP.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en la ZMSLP definida por el Grupo Universitario del Agua (2025) donde se localiza la microcuenca Portezuelo, municipio de Cerro de San Pedro, S.L.P. dentro de la cual se encuentra la

comunidad Monte de Caldera. Ahí, desde el año 2004 se han desarrollado SBN que incluyen acciones de conservación del suelo y agua en una superficie de 243 hectáreas. Estas acciones fueron desarrolladas por instituciones como la Comisión Nacional Forestal, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, con la participación e involucramiento de los actores principales: los productores. Se contó con el apoyo técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). A partir de 2013 la empresa Minera San Javier realizó acciones de reforestación. Este proceso de intervención se puede resumir en las siguientes etapas:

- Acuerdos institucionales y comunitarios de intervención y financiamiento.
- Toma de contacto con las comunidades para la detección de necesidades reales y sentidas.
- Capacitación de técnicos, productores y comunidad.
- Diagnóstico de la microcuenca.
- Identificación de soluciones sostenibles.
- Obtención del plan rector de producción y conservación
- Gestión de los recursos técnicos y económicos.
- Ejecución de obras.
- Acciones de seguimiento, evaluación y retroalimentación.

La UASLP y el INIFAP participaron con la evaluación del riesgo de erosión hídrica, utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) y el modelo de predicción de pérdida de suelo (EUPS) descrito por Wischmeier y Smith (1978); para ello y tomando como referencia la cartografía de INEGI escala 1:50000, se elaboró una base de datos que se tradujo en mapas de edafología, uso actual del suelo y vegetación, uso potencial y riesgo a la erosión (potencial, actual y esperado); se analizó la tecnología disponible para la gestión de recursos y se identificaron las prácticas de manejo más apropiadas para la conservación y restauración de tierras. Desde 2003, los miembros de la comunidad se organizaron en un grupo de trabajo, el cual recibió apoyo de los gobiernos federal y estatal para llevar a cabo estas acciones, bajo el Programa Estatal de Microcuencas. Se realizaron acciones de manejo de agostaderos y prácticas de conservación del suelo y agua, que incluyeron la rehabilitación de pastizales, el ajuste de la carga animal, reforestación, prácticas mecánicas como la formación de terrazas sucesivas y acciones de restauración en las cárcavas. La UASLP lleva a cabo desde 2004 y a la fecha acciones de monitoreo y evaluación de impactos. Una de las pruebas realizadas con el objeto de estimar la infiltración, escurrimiento superficial y la pérdida de suelo, fue la simulación de lluvia usando un simulador portátil con una tasa de aplicación de 14.7 cm h^{-1}, comparando el sitio sin obras de restauración con el sitio donde se establecieron SBN.

Resultados y Discusión

La microcuenca se localiza entre las siguientes coordenadas 22º 06’ 44’’ y 22º 16’ 8’’ LN y 100º 42’ 12’’ y 100º 54’ 36’’ LW; el clima es seco estepario templado, con una temperatura media anual de 17º C y precipitación media anual: 304.5 mm. Los tipos de suelo son leptosol: 58%; feozem: 16%, calcisoles: 17.5%, castañozem; y 7.5% son suelos erosionados. La ganadería extensiva es el principal uso y presenta sobrepastoreo y junto con la deforestación constituye la causa principal de degradación. Con relación al riesgo potencial a la erosión hídrica, 4,547 ha presentan erosión potencial ligera, 4,869.4 ha erosión moderada, 3,231.4 ha erosión alta, y en 724.5 ha la erosión muy alta. La erosión hídrica actual promedio de la microcuenca al momento de iniciar las obras era de 53.65 t ha^{-1} $año^{-1}$ (Noyola, 2005).

De acuerdo a Loredo *et al.* (2007), las prácticas de manejo (vegetativas y mecánicas) realizadas fueron control de cárcavas, revegetación de pastizales y reforestación, todo ello con el fin de incrementa la cobertura vegetal; se realizaron también prácticas mecánicas, específicamente terrazas de formación sucesiva. En las cárcavas se construyeron presas filtrantes para el control de azolves y revegetación. Con la aplicación de estas prácticas, el grado de erosión se ha reducido por debajo de los límites permisibles (menos de 10 ton ha^{-1} $año^{-1}$).

Al comparar los resultados de pruebas de simulación de lluvia se observó que en el sitio donde se establecieron acciones de conservación del suelo y control de la carga animal, se infiltran 10.83 cm hr^{-1}, lo cual es casi el triple de lo que se infiltra en el sitio testigo sin SBN donde solo se infiltran 3.82 cm hr^{-1} (Rodríguez, 2010); en un solo evento lluvioso de 30 minutos de lluvia simulada, la producción de sedimentos fue de 22.34 kg ha^{-1} en el sitio testigo, comparada con 15.23 kg ha^{-1} que se erosionan en el

sitio rehabilitado; dicha erosión tuvo una relación negativa con la lámina infiltrada con un coeficiente de correlación de 0.8496.

Las SBN utilizadas en la microcuenca Portezuelo, son altamente escalables a las comunidades de las partes alta y media de las microcuencas que integran la ZMSLP, en donde el uso del suelo lo constituye principalmente la ganadería extensiva y la mayor parte del terreno se encuentra ocupado por vegetación natural del tipo bosque de encino-pino, chaparral, diversos tipos de matorrales, pastizales naturales y, en menor grado tierras abiertas al cultivo (Loredo *et al*., 2017).

Conclusiones

Las SBN combinadas con la construcción de terrazas de formación sucesiva, con el fin de promover la infiltración, reducir el escurrimiento superficial y controlar la pérdida de suelo en la microcuenca Portezuelo consistieron en el control de la carga animal lo cual permitió la recuperación de la cubierta vegetal. Se incrementó la infiltración del agua y se redujo la erosión del suelo. En este proceso de recuperación de los recursos agua, suelo y vegetación es indispensable la participación activa de los productores y la coordinación interinstitucional.

Literatura citada

Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1999). *Nueve instrumentos para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales* (Guía 1). Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). *Simposio mundial sobre la erosión del suelo*. https://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/es/

Grupo Universitario del Agua–UASLP. (2025). *Agenda hídrica de la zona metropolitana de San Luis Potosí, región Centro*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

IUCN World Conservation Congress. (2016). *Defining nature-based solutions*. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf

Loredo Osti, C., Lara, J. L., Beltrán, S., Jamangape, J., & Woo, J. L. (2017, June 12–16). Water erosion and soil conservation practices in “El Arenal” watershed, Mexico. En *Proceedings of the 1st World Conference on Soil and Water Conservation under Global Change – CONSOWA*. Lleida, España.

Loredo Osti, C., Flores Cano, J. A., & Méndez Cortes, H. (2025). Estrategias basadas en la naturaleza para promover la infiltración y recarga de los acuíferos bajo el concepto de microcuenca. En Grupo Universitario del Agua–UASLP (Ed.), *Agenda hídrica de la zona metropolitana de San Luis Potosí, región Centro* (pp. 86–91). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Loredo Osti, C., Beltrán López, S., Moreno Sánchez, F., & Casiano Domínguez, M. (2007). *Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí* (Libro técnico No. 3). INIFAP-CIRNE-CE San Luis.

Noyola Pérez, H. (2005). *Caracterización de la microcuenca Portezuelo, municipio de Cerro de San Pedro* (Tesis profesional). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía.

Palestino Escobedo, A. G., Lázaro Báez, M. I., & González Galván, E. J. (2025). Posicionamiento del Grupo Universitario del Agua en torno a la situación crítica que se enfrenta en el tema de agua en la ZMSLP. En Grupo Universitario del Agua–UASLP (Ed.), *Agenda hídrica de la zona metropolitana de San Luis Potosí, región Centro* (pp. 17–20). Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Rodríguez Rivera, J. P. (2010). *Prácticas de restauración de pastizales en la microcuenca Monte Caldera-Portezuelo, San Luis Potosí* (Tesis profesional). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning* (Agriculture Handbook No. 537). Science and Education Administration, U.S. Department of Agriculture.

TOMA DE DECISIONES EN CUENCAS. APLICACIÓN COMPUTACIONAL PARA EL USO Y ANALISIS DE GUA EN CUENCAS HIDROLÓGICAS

Ignacio Sánchez-Cohen [1*], Sergio Iván Jiménez-Jiménez[2], Marco Antonio Inzunza-Ibarra[3], Gabriel Díaz-Padilla[4], Rafael Alberto Guajardo-Panes[5], Walter López Báez[6]

[1,2,3] CENID-RASPA, INIFAP; [4,5] CIRGOC, INIFAP; [6]CIRSE, INIFAP

*Autor para correspondencia: sanchez.ignacio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Programación, modelo, nube.

Introducción. La adecuada toma de decisiones con el recurso hidráulico, debe, idealmente, fundamentarse en información fidedigna, actualizada y de fácil acceso. La aplicación computacional ACUAC, constituye un ensamble de algoritmos en una sola plataforma con acceso a fuentes diversas de información nacionales e internacionales. Contiene además modelos de simulación de procesos hidrológicos en aplicaciones específicas. La programación base es con el lenguaje Python con aplicaciones en Google Earth Engine (GEE) con algunos procedimientos realizados con inteligencia artificial. Así, el objetivo esencial es el de empoderar a los tomadores de decisiones en ámbito de las cuencas hidrológicas para la toma de decisiones informadas que redunden en un incremento sostenido en la productividad del recurso agua sin comprometer la sustentabilidad.

Materiales y métodos. La plataforma general se ha desarrollado en lenguaje Python, aunque algunos de las aplicaciones que contiene están desarrolladas en Java Script para Google Earth Engine, Delfi o en lenguaje Fortran. La APP se desglosa en apartados (botones) que constituyen programas ejecutables sea en la nube o haciendo uso de los recursos de la computadora del usuario.

HIDROLOGIA



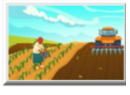
En este botón, se puede obtener el hidrograma adimensional para una cuenca proveyendo de la información necesaria misma que puede ser obtenida a través de las ayudas. También, se puede consultar bases de datos de fuentes oficiales como: disponibilidad en acuíferos, graficar los flujos históricos de los principales ríos del país (BANDAS). Se puede delinear una cuenca partiendo de un punto en la red de drenaje. Se puede proyectar el balance hídrico de una cuenca hasta el año 2050. Aquí se usa el modelo CMIP6 (Eyrin *et al*., 2016, Mizuta *et al*., 2019).

EROSION



En este apartado se encontrarán dos modelos de simulación de la erosión en cuencas. Uno, calcula la erosión en una cuenca y obtiene el hidrograma para diferentes periodos de retorno. El programa también calcula la erosión en alguna parcela dentro de la cuenca y despliega el balance de sólidos en suspensión; la porción que se queda en la cuenca y la porción que sale de ella hacia los embalses, ríos, etc. El otro programa proyecta la erosión posible a mediano y largo plazo. El modelo se vincula a una rutina que calcula la pérdida de productividad del suelo señalando exactamente el punto de inflexión donde es necesario intervenir con prácticas de conservación del suelo, (Sánchez-Cohen *et al.*2023).

AGRICULTURA



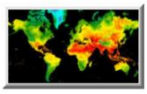
Aquí, se puede obtener el potencial productivo por región hidrológica para diferentes cultivos. También, contiene una liga para conectarse al servidor del Sistema de Información Agrícola y Pesquera (SIAP), en donde se podrá consultar hasta nivel parcelario los estadísticos agrícolas del municipio de interés.

CAMBIO CLIMATICO



Se analizan dos vertientes del cambio climático: Forzamientos radiativos y calentamiento global. En la primera, se puede elegir las concentraciones presentes en el sitio de interés de óxido nitroso (NO_2), amonio (NH_4) y dióxido de carbono (CO_2); respecto a éste último gas, se le pide al usuario la concentración actual y la futura. El sistema arrojara los forzamientos radiativos provocados por cada gas y su efecto en temperatura. En la segunda vertiente, dadas las coordenadas del sitio de interés, se le pide al usuario elegir la variable de interés, así como el mes: Temperatura máxima, temperatura mínima o precipitación; El sistema desplegará las tendencias de las variables elegidas indicando, para el caso de temperaturas, si el lugar se está calentando o enfriando y a que tasa, (Etminan et al, 2016).

CARACTERIZACION CUENCAS



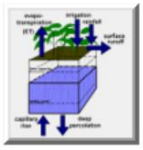
Esta es la parte preponderante del ACUAC. Contiene cinco aplicaciones computacionales (APP) en la plataforma Google Earth Engine (GEE): “NDVI_Q”, “VARIACIÓN_CLIMA”, “INDICES_CUENCAS”, “VICAL_GLOBAL” y “JERARQUIZACIÓN_CUENCAS”. En el primero, tras elegir una cuenca, se analiza la relación entre el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) y el escurrimiento (Q). La APP ajusta la relación a tres modelos de regresión lineal, exponencial y potencial arrojando los modelos y el ajuste (R^2). Este análisis lo realiza para diferentes líneas de tiempo desde 0 hasta 4 meses (lag). Para el NDVI se utiliza la colección MODIS (MOD 13 A2, 16 DÍAS, 1 km); para precipitación se usa la colección CHIRPS (diaria 5.5 km). Se calcula el escurrimiento con el método de Curva Numérica haciendo una normalización para fines de unidades. Para la APP “VARIACIÓN_CLIMA”, tras elegir una cuenca se despliega la información general de ésta. Posteriormente, se despliegan las series de tiempo de temperatura máxima, mínima y precipitación indicando la tendencia y las tasas de cambio en el tiempo. Se puede descargar los datos, así como el archivo en formato SHP de la cuenca. Relativo a la APP “INDICES_CUENCAS”, esta analiza y despliega información a varios niveles: Cuenca, Presas, Cuerpos de Agua, Acuíferos y Distritos de Riego. Las variables que pueden ser analizadas son: índices de Vegetación (IV, 23 índices), Precipitación (Pp), relación Precipitación – IV, Temperatura. Evapotranspiración (Evt), Relación Evt-Pp. La APP VICAL GLOBAL es una calculadora de imágenes donde se analiza las series de tiempo de 25 índices pudiendo elegir la longitud de la serie.

DISTRITOS DE RIEGO



Esta APP ofrece información de Distritos de Riego a través de los servidores de la Comisión Nacional del Agua. En esa página encontrará información de Presas, Acuíferos, Superficies, Volúmenes de agua, etc. También, encontrará imágenes de curvas de probabilidad de excedencia de las principales presas del país. Esta información es útil para toma de decisiones informadas en cuanto a dotación de volúmenes disponibles en presas bajo diferentes niveles de probabilidad.

BALANCE AGUA



Este es un modelo de simulación del balance de agua en el suelo especialmente útil para zonas de temporal deficiente. El balance se realiza a nivel parcelario. La precipitación es tratada como una variable estocástica y es generada acorde a los estadísticos de la estación climática elegida. Datos de entrada son la fecha de siembra, el cultivo, el tipo de suelo, el municipio y la estación climática (estos dos últimos son elegidos de un combo). El resultado indica la curva de probabilidad de las variables involucradas incluyendo el rendimiento el cual es calculado de dos formas: a partir de la función de producción de agua del cultivo o puede ser estimado acorde a datos del SIAP partiendo de una función de déficit obtenida con esos datos. Si el sistema “detecta” riesgo hídrico, se abre la opción de acceder a tecnología para sobrellevar éste, (Sánchez-Cohen *et al*. 2013).

TOMA DE DECISIONES



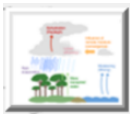
Se incluye un algoritmo para auxiliar en la toma de decisiones. Consiste en la construcción de una matriz de decisión que contiene los criterios (columnas) para evaluar las alternativas (renglones) dado un problema detectado en la cuenca. El sistema maximiza una función objetivo sujeta a dos restricciones: el peso de los criterios y el orden jerárquico de estos. La solución propone un orden de alternativas en función del criterio a usar para toma la decisión. El ejercicio debe de ser grupal y multi-disciplinario para llegar a consensos donde se compartan los beneficios y responsabilidades, (Heilman *et al*., 2003)

Resultados y discusión. La figura 1 muestra la interface inicial del programa de cómputo. Cada botón es una aplicación computacional (ejecutable) en donde a su vez se desarrollan diferentes procesos.



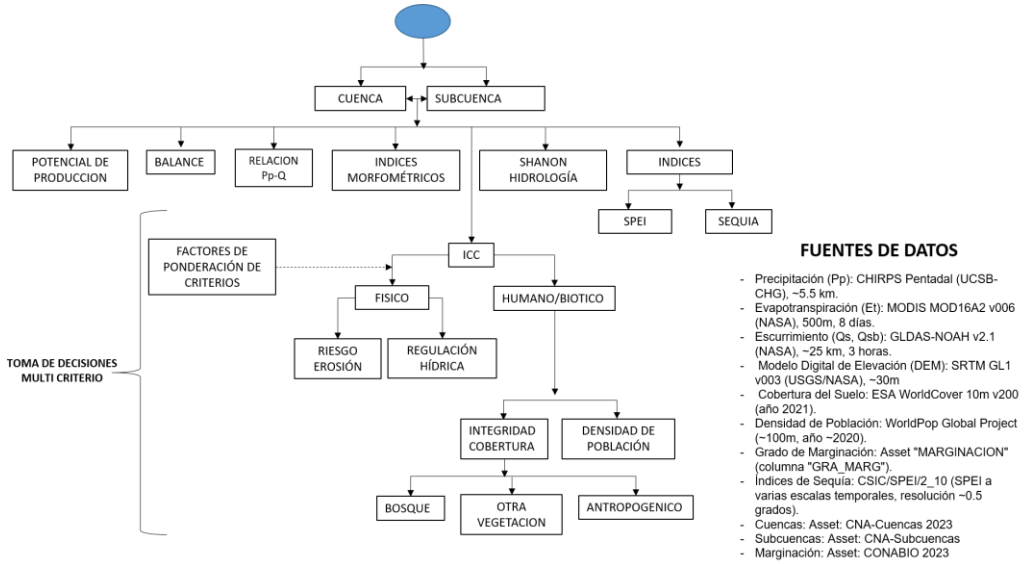
Figura 1. Interface global del ACUAC. La primera línea horizontal de botones son un subconjunto del botón “CARACTERIZACIÓN CUENCAS”.

A continuación, se presenta, a manera de ejemplo, **una** de las APP que contiene la plataforma ACUAC en el rubro “CARACTERIZACIÓN CUENCAS”.



Jerarquización de cuencas. Esta aplicación (APP), se desarrolló en GEE ya que se fundamenta en información satelital para la parametrización de modelos diversos. En este apartado el usuario puede elegir el nivel de análisis, cuenca o sub cuenca tras lo cual, se despliega la red de drenaje de la cuenca o subcuenca elegida y los municipios con los que se intercepta indicando su grado de marginación. Se realizan diversos cálculos en cada uno de los apartados que señala la figura 2.

Figura 2. Diagrama de flujo para la APP Jerarquización de Cuencas



La salida del proceso indica la condición general y prioridad de la cuenca/sub cuenca mostrando los pesos y factores de ponderación de los criterios que indujeron a los resultados. El proceso puede repetirse el número de veces necesario para llegar a un consenso entre los interesados.
La figura 3 muestra el panel principal tras haber elegido el nivel de análisis por sub cuenca; en el ejemplo se eligió la cuenca Agustín Melgar y la sub cuenca A. de Naitcha. Se puede observar la red de drenaje de la sub cuenca, los municipios con los que se intersecta y su grado de marginación. También se observan estaciones climáticas del SMN que se ubican en el área. La figura 4 señala el balance de la sub cuenca para un periodo de cinco años; también se muestra una porción de los datos.

Figura 3. Ejemplo del despliegue de información para la APP Jerarquización de Cuencas.

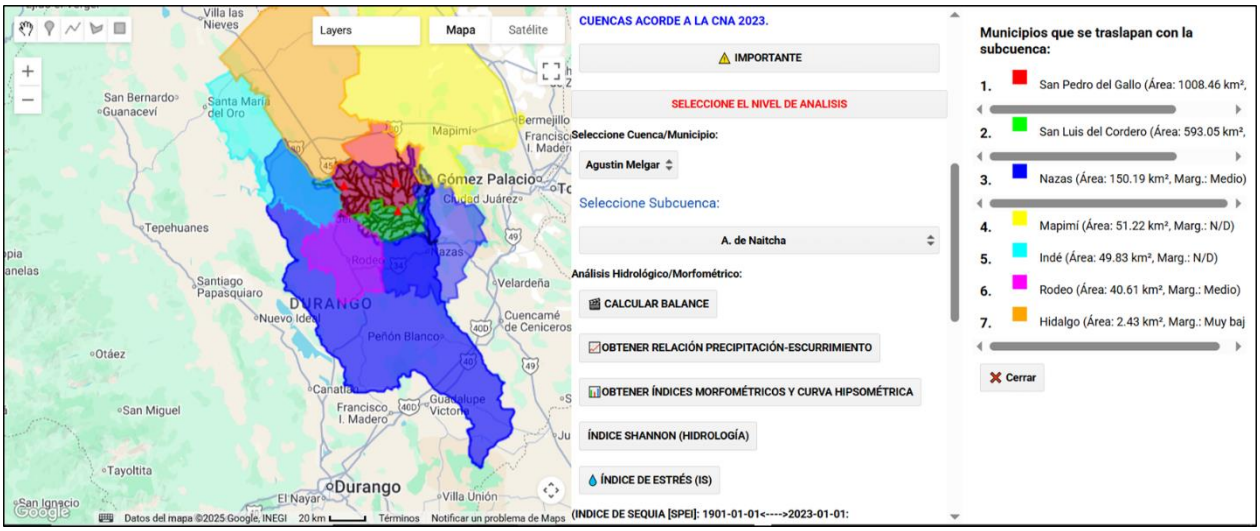
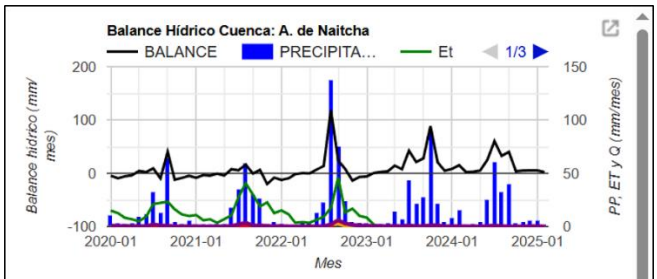


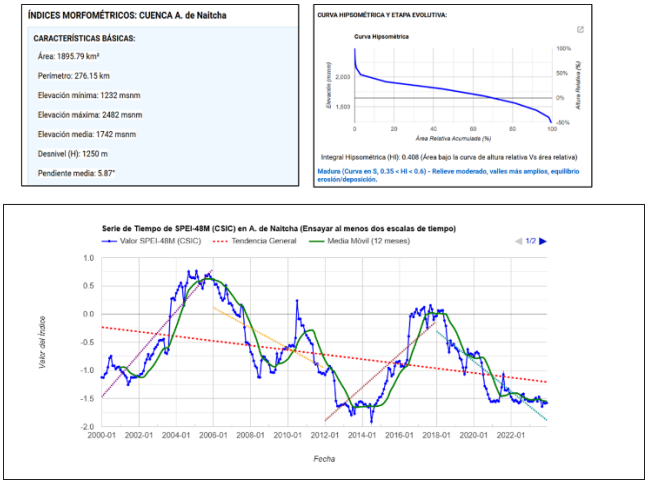
Figura 4. Balance hídrico de la sub cuenca A. Naitcha en la cuenca Agustín Melgar.



Fecha	Balance	Et	Pp	Q Total	Qs	Qsb
2020-01	-4.684	15.025	11.331	0.99	0.195	0.795
2020-02	-9.373	12.62	3.806	0.559	0.008	0.551
2020-03	-5.883	8.307	2.936	0.512	0.009	0.504
2020-04	-3.77	6.84	3.493	0.423	0.017	0.406
2020-05	4.288	4.987	9.759	0.484	0.133	0.35
2020-06	2.157	9.342	11.82	0.321	0.035	0.286
2020-07	9.169	21.118	32.338	2.051	1.79	0.261
2020-08	-9.642	22.24	13.609	1.011	0.756	0.255

La figura 5 muestra un ensamble de otros resultados que arroja la APP. Se observan los índices morfométricos y curva hipsométrica de la sub cuenca, así como el índice estandarizado de precipitación-evapotranspiración (SPEI) y líneas de tendencia por periodos. En la plataforma de la APP también se despliegan los modelos de regresión.

Figura 5. Ensamble de salidas de la APP para la cuenca A. Naitcha.



Conclusiones. Se ha desarrollado una plataforma computacional interactiva que busca, analiza y despliega información de cuencas hidrológicas en el país. Se espera que la herramienta sirva para la toma de decisiones informadas relativas al recurso hidráulico del país.

Agradecimientos. Los autores agradecen el soporte de The Nature Conservancy (TNC), para la realización de la plataforma en su versión para el estado de Chiapas.

Literatura citada

Etminan, M., Myhre, G., Highwood, E. J., & Shine, K. P. (2016). Radiative forcing of carbon dioxide, methane and nitrous oxide: A significant revision of the methane radiative forcing. *Geophysical Research Letters, 43*(24).

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development, 9*, 1937–1958. https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016.

Heilman, P., Stone, J., Sánchez–Cohen, I., Macías–Rodríguez, H., & Mann, R. (2003). Working smarter: Research and decision support systems in Mexican agriculture. In C. Richardson, A. D. Báez-González, & M. Tiscareño (Eds.), *Modeling and remote sensing applied to agriculture (US and Mexico)* (pp. 211–233).

Marcial-Pablo, F. (2023). Hidrología y erosión para pequeñas cuencas no instrumentadas. In *2° Congreso Interamericano de Agua Suelo y Agrobiodiversidad* (pp. 305–309). Ciudad Obregón, Sonora.

Mizuta, R., Yoshimura, H., Ose, T., Hosaka, M., & Yukimoto, S. (2019). MRI-AGCM3-2-S model output prepared for CMIP6 HighResMIP highresSST-present (Version 2024) [Data set]. Earth System Grid Federation. https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.6942.

Sánchez–Cohen, I., Velásquez Valle, M. A., Catalán Valencia, E. A., Inzunza Ibarra, M. A., Esquivel Arriaga, G., Bueno Hurtado, P., & Díaz Padilla, G. (2013). *Modelo de balance hídrico como apoyo a la toma de decisiones en zonas agrícolas bajo incertidumbre climática* (Folleto Técnico No. 28). INIFAP–CENID RASPA.

INNNOVACIONES TECNOLÓGICAS CON HONGOS ECTOMICORRÍZICOS Y SUS MICROBIOMAS, SOBERANÍA ALIMENTARIA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Jesús Pérez-Moreno
Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edafología, Texcoco, estado de México
jperezm@colpos.mx ; jepemo@yahoo.com.mx
Palabras clave: ectomicorriza, biotecnología; desarrollo sostenible

Introducción

La ectomicorriza (ECM) es una simbiosis mutualista que se establece entre más de 20,000 especies de hongos, principalmente pertenecientes a los Basidiomycota y Ascomycota, y más de 6,000 plantas angiospermas y gimnospermas. En esta simbiosis las plantas transfieren compuestos carbonados fundamentales para la supervivencia de sus simbiontes fúngicos. Mientras tanto los hongos simbiontes transfieren nutrimentos a sus plantas hospederas, principalmente N y P, incrementan la transferencia de agua, el crecimiento en suelos degradados con baja fertilidad como los tepetates y la tolerancia a factores de estrés como la sequía, el ataque de patógenos y la biorremediación al quelatar metales pesados, abundantes en áreas mineras (Read y Pérez-Moreno, 2003). Estudios metagenómicos recientes han demostrado que en realidad la simbiosis ectomicorrízica es una simbiosis tripartita, dado que con técnicas de secuenciación de próxima generación (NGS por sus siglas en inglés "*next generation sequencing*"), se ha demostrado que existen, todo un microbioma, literalmente constituido por decenas de miles de bacterias, otros hongos y arqueas que cumplen funciones ecosistémicas de enorme relevancia como *fijación biológica de nitrógeno, solubilización de fosfato, producción de sideróforos que permite la protección contra patógenos, tolerancia a sequía, biorremediación y secuestro de carbono*. Se ha comprobado que la naturaleza de la ECM es más compleja de lo que se creía previamente.

Desarrollo tecnológico

Durante los últimos 30 años en Colegio de Postgraduados se ha desarrollado una tecnología simple, eficiente y barata para inocular plantas hospederas con hongos comestibles ectomicorrízicos. A la fecha se han evaluado más de 150 combinaciones de hongos y plantas nativas de México, en bioensayos con una duración de 1.5 a 2 años cada uno. Se tiene ahora un paquete tecnológico para ser aplicado a nivel masivo y ser objeto de escalamiento comercial, basado en un conocimiento robusto de los tres componentes involucrados: los hongos comestibles ectomicorrízicos, las plantas hospederas y sus microbiomas asociados. Adicionalmente, se ha logrado cultivar por primera vez un hongo comestible ectomicorrízico en el Neotrópico denominado *Suillus kaibabensis* en el Parque Nacional Molino de Flores, ubicado en el Estado de México, en un área de suelos degradados conocidos como tepetates. Esto abre un potencial enorme dado que dicha tecnología puede producir alimentos saludables contribuyendo a la Soberanía Alimentaria y al mismo tiempo a la mitigación del Camio Climático al incrementar el crecimiento y calidad fisiológica de sus plantas hospederas asociadas (Pérez-Moreno *et al*. 2020a).

Impactos en el cambio climático

La ECM contribuye significativamente a la mitigación del cambio climático mediante varios mecanismos interconectados: Uno de los más importantes es el **i**ncremento del Secuestro de Carbono: mediante almacenamiento directo, dado que los hongos ECM reciben entre el 10-30% de los fotoasimilados (compuestos carbonados) de sus plantas hospederas. Una porción sustancial se utiliza para construir extensas redes miceliales fúngicas (hifas) en el suelo. Esta biomasa fúngica representa un sumidero de carbono a largo plazo**.** Adicionalmente el carbono derivado de la ECM contribuye a la formación de materia orgánica edáfica estable, al producir melanina y quitina. Estos compuestos altamente recalcitrantes, con tasas de descomposición muy lentas, constituyen parte fundamente de la estructura de las paredes celulares fúngicas. Asimismo, las hifas unen físicamente las partículas del suelo en agregados edáficos, protegiendo mecánicamente la materia orgánica de la descomposición microbiana. Los hongos ECM pueden suprimir también la actividad de los microorganismos saprótrofos que descomponen la materia orgánica del suelo (el "efecto Gadgil"), ralentizando la liberación de carbono. El suministro mejorado de nutrientes por parte de los simbiontes fúngicos estimula el crecimiento y la productividad vegetal, conduciendo a un aumento en la fijación fotosintética de carbono y a una mayor acumulación de biomasa aérea y subterránea. También, los hongos ECM (y bacterias asociadas) secretan ácidos orgánicos (e.g., ácido oxálico) y sideróforos que aceleran la meteorización mineral de rocas silicatadas. Este proceso de

meteorización consume CO_2 atmosférico, convirtiéndolo en iones bicarbonato disueltos (HCO_3^-), los cuales pueden fluir hacia aguas subterráneas y océanos, formando minerales carbonatados estables (como calcita - $CaCO_3$), resultando en un secuestro geológico de carbono a largo plazo**.** Las redes ECM mejoran la tolerancia a la sequía de los árboles mediante una mayor absorción de agua y la influencia en la regulación estomática. Pueden conferir también resistencia a patógenos edáficos y enfermedades radicales**.** Esta resiliencia mejorada ayuda a los simbiontes vegetales a resistir los estreses inducidos por el cambio climático (sequía, plagas, patógenos), previniendo la mortalidad arbórea y la consiguiente liberación de carbono a gran escala. La simbiosis ECM, al movilizar nutrimentos como el N y el P, puede reducir o eliminar la necesidad de fertilizantes sintéticos de nitrógeno y fósforo. Esto evita las significativas emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción (principalmente CO_2 y N_2O) y aplicación (N_2O) de fertilizantes. En resumen, la ECM constituye un potente motor natural para la mitigación del cambio climático. Mediante la conducción de un masivo secuestro de carbono hacia reservorios edáficos estables y biomasa fúngica, la potenciación del crecimiento y productividad forestal, la aceleración de procesos de meteorización geológica y el fortalecimiento de la resiliencia ecosistémica, los hongos ECM son socios indispensables en el mantenimiento del balance de carbono de ecosistemas forestales críticos. La protección de los bosques existentes dominados por ECM, la restauración de áreas degradadas con árboles compatibles con ECM, y la comprensión y gestión de estas simbiosis ante el cambio global, son estrategias cruciales para aprovechar esta solución natural (Pérez-Moreno *et al*. 2020b).

Impactos en la soberanía alimentaria

En México se consumen más de 500 especies de hongos comestibles silvestres, 70% de los cuales establecen simbiosis ECM. El país constituye el segundo reservorio micocultural en el mundo, solamente después de China. Los hongos comestibles silvestres ectomicorrízicos han formado parte de un patrón de subsistencia que se basa en el uso múltiple de los recursos naturales. En términos generales los hongos comestibles ectomicorrízicos tienen altos contenidos de proteínas de alta cantidad, poseen todos los aminoácidos esenciales y grandes cantidades de vitaminas y minerales. En contraposición no poseen colesterol, y son bajos en su contenido de grasas y carbohidratos. Adicionalmente, actualmente han cobrado un enorme interés como fuentes de compuestos bioactivos con propiedades anticancerígenas, antidiabéticas, antihipertensivas y mejoradoras del sistema inmunológico. Esto los transforma en alimentos funcionales, es decir alimentos que no solamente poseen un alto contenido nutricional, sino que contribuyen a la salud humana. Por esta razón los hongos comestibles ECM constituyen un elemento alimenticio de enorme importancia en México para la Soberanía Alimentaria (Pérez-Moreno *et al*. 2021a,b)**.**

Conclusiones

El desarrollo del conocimiento básico y aplicado de la simbiosis ectomicorrízica, utilizando fisiología vegetal, biotecnología, micología, biología molecular y metagenómica ha permitido desarrollar una tecnología con potencial de aplicación en México, la cual permitiría contribuir a la Mitigación del Cambio Climático y al mismo tiempo a la soberanía alimentaria nacional.

Agradecimientos

Se agradece al Colegio de Postgraduados el apoyo financiero del Proyecto CONV_ENASAS_2025_29.

Literatura citada

Pérez-Moreno, J., Guerin-Laguette, A., Flores Arzú, R., & Yu, F. Q. (2020b). *Mushrooms, humans and nature in a changing world: Perspectives from ecological, agricultural and social sciences*. Springer.

Pérez-Moreno, J., Guerin-Laguette, A., Rinaldi, A. C., Yu, F. Q., Verbeken, A., Hernández-Santiago, F., & Martínez-Reyes, M. (2021a). Edible mycorrhizal fungi of the world: What is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change? *Plants, People, Planet, 3*, 471–490.

Pérez-Moreno, J., Martínez-Reyes, M., & Hernández-Santiago, F. (2020a). Biotecnología de inoculación de árboles de importancia forestal con hongos ectomicorrízicos comestibles. *Agroproductividad, 13*, 91–92.

Pérez-Moreno, J., Mortimer, P. E., Xu, J., Karunarathna, S. C., & Li, H. (2021b). Global perspectives on the ecological, cultural and socioeconomic relevance of wild edible fungi. *Studies in Fungi, 6*, 408–424.

Read, D. J., & Pérez-Moreno, J. (2003). Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems—a journey towards relevance? *New Phytologist, 157*, 475–492.



Reunión Nacional de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal, Acuícola y Pesquera

MEMORIA

Disponible en:

https://reunionescientificas.inifap.gob.mx/

"NUBES EN EL BOSQUE" / *Zayra Denisse Torres Máynez*